

Valtteri Kettunen

3D-kaupunkimallinnuksen nykytila kunnissa kyselytutkimuksen perusteella

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikka

Insinöörityö

28.5.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Valtteri Kettunen 3D-kaupunkimallinnuksen nykytila kunnissa kyselytutkimuksen perusteella 36 sivua + 2 liitettä 28.5.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	lehtori Jussi Laari
<p>Insinööritöön tarkoitus oli tehdä kyselytutkimus kunnille 3D-kaupunkimallinnuksen nykytilasta. Tavoitteena oli selvittää, missä vaiheessa kunnat tällä hetkellä ovat 3D-kaupunkimallinnuksessa, minkälaisia haasteita kunnilla on 3D-kaupunkimallinnuksessa ja minkälaisia yhteistyökuviota kunnat toivovat esimerkiksi ammattikorkeakoulujen kanssa kaupunkimallien kehittämiseksi.</p> <p>Tämän insinööritöön inspiraationa ja vertailuaineistona on toiminut KM3D-hankkeeseen liittynyt kuntakysely vuodelta 2014. Kolmiulotteisen kaupunkimalli -hankkeen (KM3D-hanke) alkuvaiheessa toteutettiin kuntakysely, jossa selvitettiin 3D-kaupunkimallinnuksen nykytilaa Suomen kunnissa. Kyselyn tekoaikana 3D-kaupunkimallinnus oli jo tuttu asia suurelle osalle kunnista, mutta varsinainen mallinnus sisälsi vielä paljon erilaisia haasteita. Isoimpina ongelmina nähtiin olevan 3D-kaupunkimallin tiedonsiirto, mallintaminen, ylläpito ja mallin hyödyntäminen. Kunnissa koettiin ongelmana myös yhteisen 3D-kaupunkimallistandardin puuttuminen, joka oli johtanut siihen, että kaupunkimalleja tehtiin lukuisilla erilaisilla ohjelmilla ja erilaisilla standardeille.</p> <p>Kyselytutkimus toteutettiin sähköisenä kyselynä Metropolian e-lomakkeen avulla. Kyselyyn vastasi 34 henkilöä 30 eri kunnasta. Kyselyn tulokset osoittavat 3D-kaupunkimallinnuksen menneen Suomessa eteenpäin viime vuosina. Kunnilla on kuitenkin edelleen isoja haasteita muutamien osa-alueiden kanssa. Kyselyn perusteella suurimmat haasteet 3D-kaupunkimallinnuksessa kunnissa ovat tällä hetkellä resurssien puute ja 3D-mallien ylläpito. Ne johtuvat niin rahoituksesta kuin henkilöstöresursseistakin, osaamattomuudesta ja hankaluuksista löytää sopivimpia ohjelmistoja. Myös kaupunkimallien hyödyntämisessä kaivataan lisää osaamista ja ideointia. Vastaajat toivoivat lisää ammattikorkeakoulujen ja kuntien välistä yhteistyötä.</p> <p>Insinööritöön kyselyn tuloksia voidaan esimerkiksi hyödyntää mietittäessä erilaisia yhteistyöhankkeita kuntien ja koulujen välillä 3D-kaupunkimallinnuksen kehittämistarpeiden pohjalta.</p>	
Avainsanat	3D-kaupunkimalli, kuntakysely, kyselytutkimus, avoin data, LOD

Author Title Number of Pages Date	Valtteri Kettunen The Present State of 3D City Modelling Based on Municipal Questionnaire 36 pages + 2 appendices 28 May 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Jussi Laari, Senior Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to make a survey to define the state of 3D city modelling in Finnish municipalities. The aim was to establish at what point the municipalities currently are in 3D city models, what challenges there are with the models, and what kind of co-operation the municipalities want to have with universities of applied sciences. The inspiration and reference material for this work was the questionnaire for the KM3D project in Finnish municipalities in the year 2014.</p> <p>The questionnaire survey of this final year project was conducted through Metropolia E-form and 34 people from 30 different municipalities replied. The results showed that 3D city modelling has gone forward in Finland in recent years, although municipalities still reported that they face major challenges in some sub-areas such as lack of funding and human resources, the maintenance of 3D models and suitable software. In addition, it was emphasized that the use of city models require more knowledge and ideas. The respondents were also hoping for more co-operation between municipalities and universities of applied sciences.</p> <p>The results of this final year project can be used when initiating co-operative projects about the development needs of 3D city models between municipalities and schools.</p>	
Keywords	3D city model, municipal questionnaire, survey, open data, LOD

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	3D-kaupunkimallinnus	2
2.1	GityGML-standardin mukaiset LOD-tarkkuustasot	3
2.2	3D-kaupunkimallin lähtöaineistot	5
3	3D-kaupunkimallinnus Suomessa	8
3.1	Esimerkkejä 3D-kaupunkimalleja julkaisseista kaupungeista	8
3.2	KM3D-hankkeen kuntakyselyjen keskeiset tulokset	12
4	Kuntakyselyn toteutus ja tulokset	15
4.1	Kyselytutkimuksen suunnittelu ja toteutus	15
4.2	Kyselytutkimuksen tulokset	16
4.2.1	Vastaajien taustatiedot	17
4.2.2	3D-kaupunkimallinnuksen tilanne kunnissa	17
4.2.3	3D-kaupunkimallinnuksessa koetut haasteet ja kehittämistarpeet	23
4.3	Kyselytutkimuksen tulosten arviointi	28
4.3.1	Tulosten luotettavuus	28
4.3.2	Tulosten tarkastelu	29
5	Yhteenveto	32

Lähteet	34
---------	----

Liitteet

Liite 1. Kysely

Liite 2. Kyselyn lähetekirjelmä

Lyhenteet

CAD	Computer Aided Design tarkoittaa tietokoneavusteista suunnittelua.
CityGML	City Geography Markup Language. CityGML-standardi on tunnettu kaupunkimallin tekemiseen tarkoitettu standardi ja tiedonsiirtoformaatti.
KM3D	Kolmiulotteinen kaupunkimalli-hanke. Hankkeen päätoimijat olivat BuildingSmart Finland ja Kuntaliitto.
LOD	Level Of Detail, Mallin yksityiskohtaisuustaso. Tässä työssä 3D-kaupunkimallin tarkkuustaso.
UAV	Unmanned Aerial Vehicle. Miehittämätön ilma-alus, esimerkiksi lennokki.

1 Johdanto

3D-kaupunkimallinnus on lyömässä itseään läpi maailmalla. Kolmiulotteisen kaupunkimallin käyttö on yleistynyt myös Suomessa, ja lisääntyneen suosion ansiosta kaupunkimalleja hyödynnetään nykyään yhä monipuolisemmin. Aihe valikoitui insinöörityön aiheeksi, koska koen, että 3D-kaupunkimallit ovat tulevaisuudessa erittäin tärkeässä roolissa kuntien toiminnan suunnittelussa ja sen kehittämisessä.

KM3D-hankkeen alkuvaiheessa vuonna 2014 toteutettiin kuntakysely, jossa selviteltiin 3D-kaupunkimallinnuksen nykytilaa Suomen kunnissa. Tämä kysely on toiminut insinöörityöni inspiraationa ja vertailuaineistona. Kyselyn tekoaikana 3D-kaupunkimallinnus oli jo tuttu asia suurelle osalle kunnista, mutta varsinainen mallinnus sisälsi vielä paljon erilaisia haasteita. Isoimpina ongelmina nähtiin 3D-kaupunkimallin tiedonsiirto, mallintaminen, ylläpito ja mallin hyödyntäminen. Kunnissa koettiin ongelmana myös yhteisen 3D-kaupunkimallistandardin puuttuminen, joka oli johtanut siihen, että kaupunkimalleja tehtiin lukuisilla erilaisilla ohjelmilla ja standardeilla. [1, s. 13.] Kuntakyselyn tuloksia on kuvattu tarkemmin luvussa 3.

Varsinaisena insinöörityönäni toteutin sähköisen kuntakyselyn eri puolille Suomea. Tekemässäni kyselyssä olen erityisesti halunnut selvittää, mikä on 3D-mallinnuksen tilanne kunnissa verrattuna vuoteen 2014. Lisäksi työn tarkoituksena on kartoittaa, minkälaisia haasteita kunnilla on tällä hetkellä 3D-kaupunkimallinnuksen parissa ja minkälaisia yhteistyökuviota he toivoisivat esimerkiksi ammattikorkeakoulujen kanssa. Tämä insinöörityö on tehty ilman ulkopuolista toimeksiantajaa.

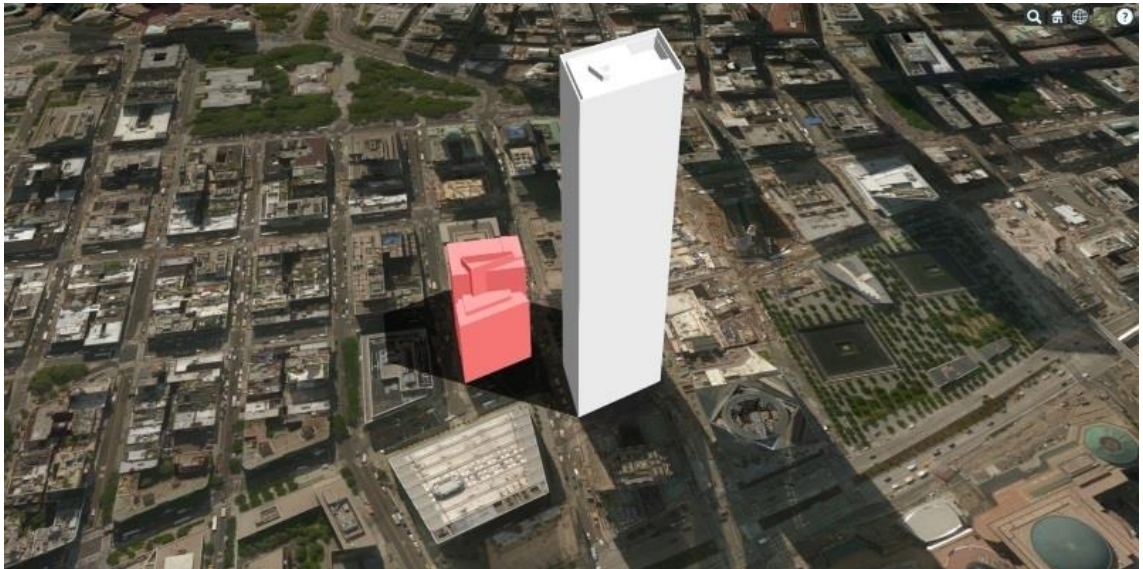
Työssäni olen myös kuvannut lyhyesti, mitä 3D-kaupunkimallinnus tarkoittaa ja mitä lähtöaineistoja voi hyödyntää 3D-kaupunkimallien tuottamisessa. Lisäksi olen tutustunut tarkemmin Helsingin, Hyvinkään, Vantaan ja Oulun 3D-kaupunkimalleihin.

2 3D-kaupunkimallinnus

3D-kaupunkimallilla tarkoitetaan digitaalisesti muodostettua kolmiulotteista mallia. Se voi sisältää rakennuksia, maastoa, kasvillisuutta ja infrastruktuuria. 3D-kaupunkimallin käyttö on yleistynyt viime vuosina kaupunkisuunnittelun ja rakentamisen parissa. [2.]

Semanttinen 3D-kaupunkimalli on puolestaan kehittyneempi malli, jossa on rakennusten geometristen ominaisuuksien lisäksi mukana tietoja, jotka liittyvät kyseisiin rakennuksiin. Rakennuksen ominaisuustietoja ovat esimerkiksi katuosoite, käyttötarkoitus, kerrosluku ja valmistumisvuosi. Mallin rakennusten ominaisuustietoja voidaan myöhemmin lisätä ja muokata. [3, s. 9; 4.]

Tietokonemallinnettua kaupunkimallia pystytään hyödyntämään moniin erilaisiin tarkoituksiin. Sitä käytetään visualisoinnin välineenä ja tärkeitä päätöksiä tehdessä. Mallien avulla voidaan tutkia monenlaisia erityyppisiä ilmiöitä. Mallia voidaan esimerkiksi käyttää tulvakartoitukseen, kaavoituksen visualisoinnissa, valaistussimuloinnissa, melulaskennassa ja aurinkopaneelien optimaalisen sijoittelun apuvälineenä. [2; 5, s. 9.] Kuvassa 1 on esitelty yksi tapa, kuinka 3D-mallia voidaan hyödyntää suunniteltaessa uusia rakennuksia kaupunkiin. Kuvassa punainen rakennus on jäänyt täysin suuremman rakennuksen varjoon.



Kuva 1. Rakennusten 3D-mallien avulla voidaan suorittaa varjoanalyysijä [6].

Kaupunkimallien kolmiulotteisuuden ja siihen mahdollisesti liitettyjen muiden tietojen avulla on helpompi ymmärtää mallin kuvaaman alueen nykytilaa ja tulevaisuuden suunnitelmia. Näin ollen se helpottaa asiantuntijoiden ja päättäjien työtä. Se tuo lisäksi suunnitelmat ja visiot tavallisille kansalaisille paremmin ymmärrettävään muotoon. Internetissä julkaistaviin selainpohjaisiin 3D-kaupunkimalleihin voidaan liittää erilaisia toimintoja, jotka voivat tukea esimerkiksi kuntalaisten ja suunnittelijoiden välistä vuorovaikutusta kaupunkisuunnittelussa. Näitä toimintoja voivat olla esimerkiksi palautelomake ja palautteen antaminen malliin upotetuilla työkaluilla, joilla kuntalainen voi itse mallintaa näkemyksiään esille. Näin he kokevat saavansa vaikuttaa paremmin omien lähialueidensa suunnitteluun. Kansalaisille pyritään kaupunkimalleilla selventämään suunnitelmia, inspiroimaan tekemään omaa mallintamista sekä vastaamaan heidän kysymyksiin. [2.]

2.1 GityGML-standardin mukaiset LOD-tarkkuustasot

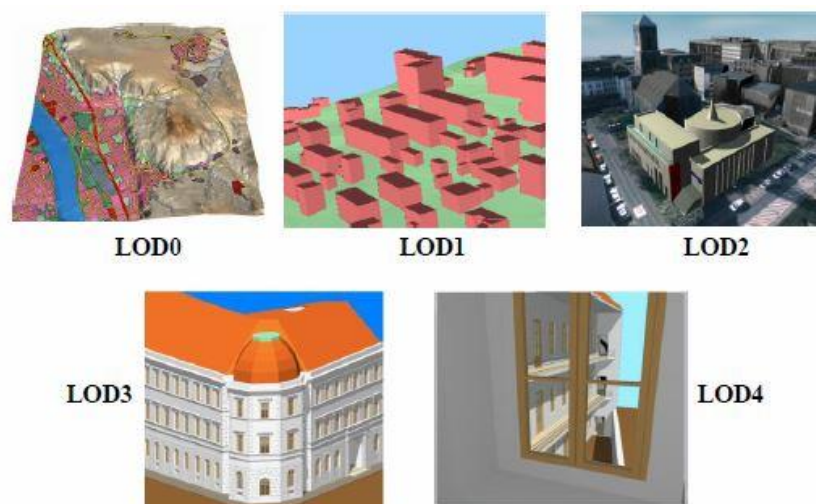
3D-kaupunkimallien laadullisia eroja määritellään usein suosituksen LOD-luokituksen mukaisesti. LOD-termi tulee englanninkielisistä sanoista Level Of Detail, joka suomennettuna tarkoittaa yksityiskohtaisuustasoa. 3D-kaupunkimallinnuksessa LOD-tasot määritellään usein CityGML-standardin mukaisesti. CityGML-standardi on tunnettu kaupunkimallin tekemiseen tarkoitettu standardi ja tiedonsiirtoformaatti. CityGML tulee sanoista City Geography Markup Language. CityGML perustuu julkiseen XML-perustuvaan tiedonsiirtomuotoon. [2; 7, s. 11.]

3D-kaupunkimalleille on määritetty viisi erilaista LOD-tasoa [8, s. 11–12]. Tasot on esitelty kuvassa 2.

LOD0 on luokituksen yksinkertaisin malli, jossa on mallinnettu vain teksturoitu maastomalli. Mahdolliset rakennukset näkyvät mallissa 2D-tasoisina pohjapiirustuksina. Korkeustieto voi olla mukana malliin liitetyissä tiedoissa. Kasvillisuutta ei mallinneta tällä tarkkuustasolla. [8, s. 11–12.]

LOD1 pitää sisällään jo laatikkomaiset rakennukset, joissa voi olla määritetty oikea katkorkeus. Kattojen muodot kuitenkin vielä puuttuvat. Virallisessa LOD1-tason CityGML:lla muodostetussa mallissa tulee olla täytettynä lisäksi muita vaatimuksia ollakseen oikeasti LOD1-malli. Siinä esimerkiksi rakennuksen sijainnin ja korkeuden pitäisi

olla oikein viiden metrin tarkkuudella. Kasvillisuudesta mallinnetaan tällä tarkkuustasolla vain tärkeimmät kohteet ja suurimmat kasvillisuusalueet. [8, s. 11–12.]



Kuva 2. CityGML-standardin mukaiset LOD-tarkkuustasot [8, s. 11].

LOD2 sisältää yksityiskohtaisempia ominaisuuksia, joskin se on vielä malliltaan melko yksinkertainen. Mallissa on jo alkeellisia seinä- ja kattomuotoja. Mallin x-, y-, ja z-tiedot tulee olla vähintään kahden metrin tarkkuudella. Mikäli kasvillisuus mallinnetaan LOD2-tasolla, huomioidaan siinä yli 6 metriä korkeat sekä yli 5m x 5m kokoiset kohteet. [8, s. 11–12.]

LOD3 on jo hyvin yksityiskohtainen 3D-kaupunkimalli. Rakennuksissa on mallinnettu esimerkiksi ovia ja ikkunoita. Kattomuodot ovat mallissa esitetty myös yksityiskohtaisesti. Tarkkuudeltaan mallin eri mitat saavat poiketa todellisuudesta puolen metrin verran. Alueen kasvillisuus on lisäksi mahdollisesti mallinnettu jo melko tarkasti, esimerkiksi yli 2m korkeat kohteet ja laajuudeltaan pienemmätkin kasvillisuusalueet mallinnetaan. Myös katukuvauksissa pyritään todenmukaiseen mallintamiseen. LOD3-tason mallia on käytetty paljon yksittäisten tunnettujen maamerkkien mallintamisessa. [7, s. 15; 8, s. 11–12.]

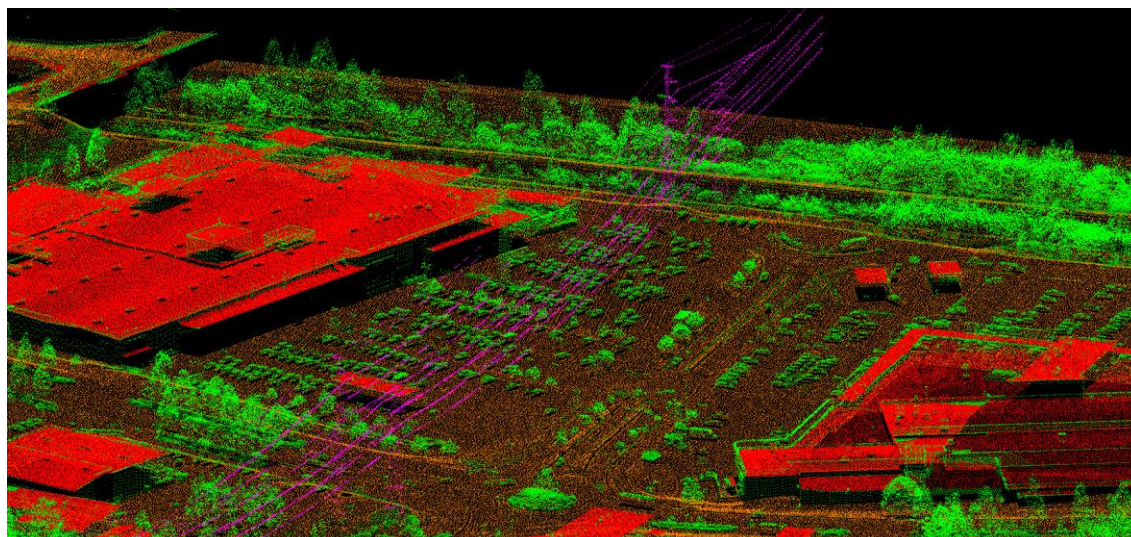
LOD4-tason malli eli sisätilamalli sisältää LOD3-mallin yksityiskohdat ja sen lisäksi siinä on mallinnettuna rakennusten sisätilat. LOD4-tason mallilla pyritään kaikin puolin mahdollisimman todenmukaiseen mallintamiseen. Mallin sisätilat koostuvat huoneista, huonekaluista ja muusta sisustuksesta. LOD4-mallissa huonekalut pystytään esimerkiksi esittämään tarvittaessa semanttisina objekteina. 3D-mallin tarkkuus sijainnin ja korkeuden osalta on asetettu 20 cm:iin. [8, s. 11–12.]

2.2 3D-kaupunkimallin lähtöaineistot

Tässä luvussa kerrotaan 3D-kaupunkimallintamiseen käytetyistä lähtöaineistoista. 3D-kaupunkimallit syntyvät monella eri tapaa ja monista eri lähtöaineistoista, riippuen mallien käyttötarkoituksista sekä lähtöaineistojen laaduista ja määristä. Lähtöaineistoina voivat olla esimerkiksi pistepilviaineistot, ilmakuvat, kantakartta, erilaiset rekisterit ja maastomallit. Pistepilvi voidaan tuottaa perinteisesti ilmalaserkeilauksen kautta, mobiilikeilauksella tai UAV:n eli miehittämättömän ilma-aluksen avulla. Pistepilviaineistoa pystytään tuottamaan myös fotogrammetrisesti ilmakuvien avulla. Se voi olla myös eri tavoilla tehtyjen pistepilvien yhdistelmä. [2.]

Laserkeilaus

3D-kaupunkimallinnuksessa yksi paljon käytetty lähtöaineisto on laserkeilauksen avulla tuotettu pistepilviaineisto. Laserkeilaus on nopea ja kattava mittautapa. Ilmalaserkeilain sisältää keilainosan, lasertykin ja ilmaisinosan. Ilmalaserkeilaimen toiminta perustuu siihen, että se lähettää matkaan lasersäteitä, jotka osuessaan kohteeseen kimpoavat takaisin ilmaisinosaan ja tallentuvat pisteinä. Keilaimella saadaan mitattua etäisyyden lisäksi paluusignaalin intensiteetti. Satelliittipaikannuksen ja inertiamittausjärjestelmän (IMU) avulla saadaan tietää keilaimen sijainti ja kaltevuus, ja sen myötä tiedetään pisteiden tarkat koordinaatit. Mitattua aineistoa kutsutaan pistepilveksi tai etäisyyskuvaksi, ja ne muodostavat digitaalisen, kolmiulotteisen pintamallin mitatusta alueesta. Pistepilviaineistoa voidaan teksturoida alueesta otettujen valokuvien avulla. Lentokorkeudella, keilaimen avauskulmalla eli keilauskulmalla, kalustolla ja mittausresoluutiolla voidaan vaikuttaa mitatun aineiston tarkkuuteen ja pistepilven tiheyteen. Vuorokauden ajat eivät vaikuta keilauksen tarkkuuteen, ja sääolotkin vähemmän kuin perinteisessä ilmakuvauksessa. [9, s. 269–270; 10.] Kuvassa 3 on luokiteltu pistepilvi, jossa maasto, kasvillisuus, rakennukset ja sähköjohdot erottuvat eri värein.



Kuva 3. Luokiteltu pistepilviaineisto [11].

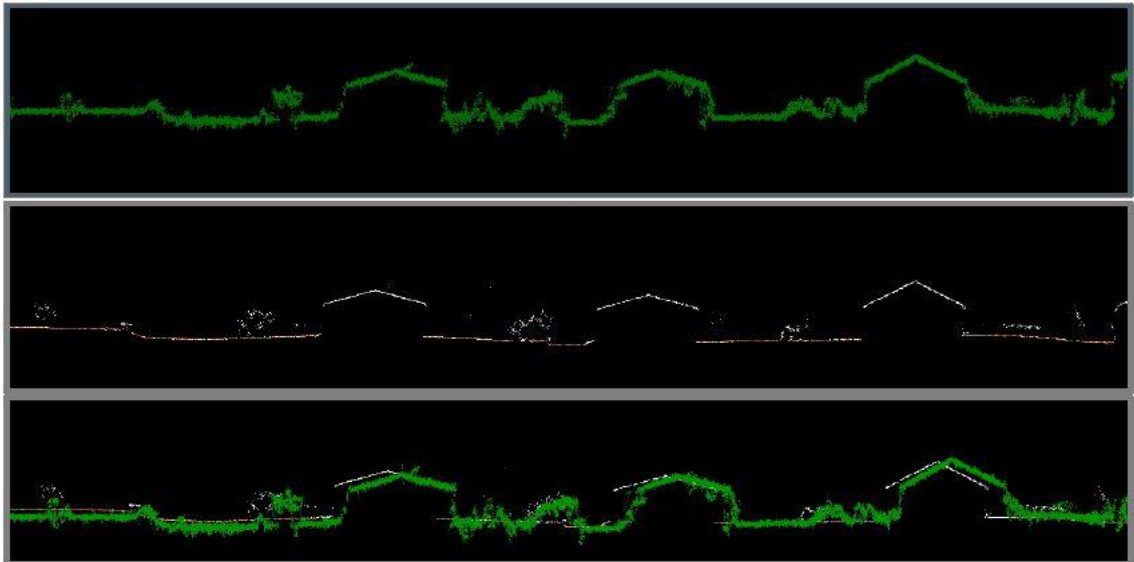
Maalaserkeilain muistuttaa takymetriä, ja sillä voidaan mitata nopeasti lasersäteiden avulla etäisyyksiä ja suuntia. Ilmalaserkeilaimesta poiketen maalaserkeilauksessa pistepilvi orientoidaan liitospisteiden avulla. Orientoinnin luotettavuuden kannalta näitä on hyvä olla vähintään kolme ja mielellään enemmänkin. Pistepilven tiheys on maalaserkeilauksessa täysin verrannollinen mittausetäisyyden kanssa; lähellä olevista kohteista saadaan tiheämpi pistepilvi. Maalaserkeilain soveltuu erityisen hyvin erilaisten rakenteiden mittaamiseen ja mallintamiseen. [9, s. 271–273.]

Maanmittauslaitos on laserkeilannut Suomen melkein kokonaan. Laserkeilaamatta on vielä joitakin alueita ja aukot pyritään täyttämään vuoteen 2020 mennessä. Ilmalaserkeilattu aineisto on jaettu Maanmittauslaitoksen sivuilla ilmaisiksi ladattavana avoimena datana. Pistepilviaineisto on Laz-tiedostomuodossa, joka on pakattu muoto Las-formaattista. [12.] Laz-formaattia pystyy katselemaan ja käsittelemään monella eri ohjelmalla, jotka vaihtelevat maksullisista ilmaiisiin versioihin.

Ilmakuvaus

Ilmakuvaus on perinteinen tapa kerätä tietoa maastosta. Kaupunkimalleja varten tarvittava alue voidaan kuvata lentokoneesta tai helikopterista käsin tai UAV:n avulla. Tekniikan kehittymisen myötä lennokilla tehtävästä kuvauksesta on tullut myös usein ammattilaisten suosima ja kustannustehokas tapa kerätä paikkatietoa. Kartoituslento toteute-

taan niin sanotun fotogrammetrian periaatteen mukaisesti eli kartoitusjonojen avulla. Jonoissa otettujen kuvien on tarkoitus peittää toisensa pituussuunnassa ja myös varsinaiset kuvajonot ovat limittäin sivusuunnassa. Ilmakuvaus vaatii erinomaisen sään kuvaushetkellä. [13, s. 33; 14.] Ennen kuvaamista maastoon voidaan määritellä haluttuja signaalipisteitä esimerkiksi GPS-paikantimen avulla. Signaloitujen lähtöpisteiden avulla parannetaan ilmakuvien sijaintitarkkuutta. [13, s. 35.]



Kuva 4. Poikkileikkaus fotogrammetrisestä pistepilvestä (vihreä) ja laserkeilatusta pistepilvestä (valkoinen) [14].

Kuvauksissa voidaan käyttää useampaa kameraa samanaikaisesti. Asettamalla osa kameroista kuvaamaan viistosti, saadaan hyvin kuvatuksi rakennuksien seinäpinnat. Ilmakuvaus saadut kuvat prosessoidaan tietokoneohjelmistoilla. Ensin muodostetaan niin sanottu kuvablokki, jolle yleensä tehdään automaattisesti yhteisten pisteiden haku ja ilmakolmiointi. Fotogrammetrisen pistepilven laskenta suoritetaan automaattisesti. Pistepilven lopulliseksi tuotteeksi voidaan muodostaa värjätty pistepilvi tai teksturoitu kolmioverkko. 3D-kaupunkimalli voidaankin siis tuottaa lähes automaattisesti pelkistä ilmakuvista. Lisäksi saadaan laadukas ortokuvamosaiikki kuvatusta alueesta. [3, s.11; 13, s. 34; 14.]

Ilmakuvaus ja laserkeilaus saadaan molemmilla aikaiseksi laadukasta dataa 3D-kaupunkimalleja varten (kuva 4). Erilaisia pistepilviaineistoja voidaan kerätä keilaimen ja kameroiden avulla niin ilmasta kuin auton kyydistä. Ilmakuvaus saavutetaan parempi resoluutio, toisaalta laserkeilaamisella saatu aineisto on automaattisesti 3D-

muodossa. Laserilla saadaan ilmakeilausta tarkempaa tietoa maanpinnasta kasvillisuuden alta. Ilmakolmiointi puolestaan tuottaa tarkkaa sijaintitietoa. Kaupunkimalleja tehtäessä eri tekniikoita voidaan myös yhdistellä. [14.] Nykyisin yksi yleinen mallinnustapa on yhdistää laserkeilauksena syntyneet pistepilvet ja ilmakuvat keskenään. Lopputuotteena voidaan esimerkiksi esittää 3D-kaupunkimalli, jossa rakennukset ovat teksturoituja vektorimalleja, mutta mallin puut on esitetty pistepilvimuodossa. [2.]

3 3D-kaupunkimallinnus Suomessa

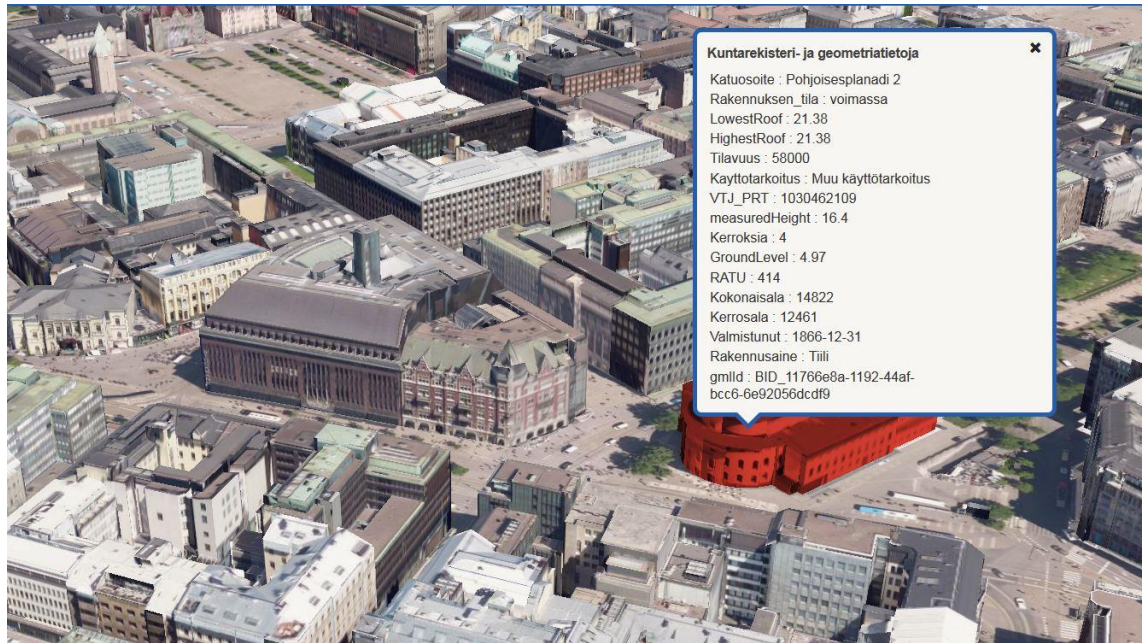
Tässä luvussa olen tutustunut tarkemmin Helsingin, Hyvinkään, Vantaan ja Oulun julkisiin 3D-kaupunkimalleihin. Näistä Helsingissä, Vantaalla ja Oululla on tällä hetkellä runsaasti julkisesti saatavilla olevaa aineistoa, ja ne toimivat myös osaltaan edelläkävijöinä 3D-kaupunkimallinnuksessa. Hyvinkää puolestaan suunnittelee parhaillaan kunnan ja kuntalaisten välisen vuorovaikutuksen parantamista innovatiivisin menetelmin. Lisäksi tässä luvussa esitellään KM3D-hanke, joka on ollut tämän opinnäytetyön merkittävimpiä lähteitä, sillä hankkeen alkuvaiheessa toteutettiin kattava kuntakysely 3D-kaupunkimallinnuksen tilanteesta kunnissa.

3.1 Esimerkkejä 3D-kaupunkimalleja julkaisseista kaupungeista

Helsinki

Helsingin kaupunki otti vuonna 2017 käyttöön modernin ja monipuolisen semanttisen, kaikille avoimen 3D-kaupunkimallin (kuva 5). Tässä mallissa on geometrysten tietojen lisäksi rakennusten erilaisia ominaisuustietoja. Ominaisuustietoja pystytään myöhemmin päivittämään ja niihin voidaan lisätä uusia ominaisuuslajeja. Kaupunkimalli pohjautuu CityGML-standardiin ja mallin tarkkuus on LOD2-tasoa. [3, s. 8–9; 15.] Samassa yhteydessä semanttisen kaupunkimallin käyttöönoton kanssa Helsinki julkaisi laadukkaan kolmioverkkomallin Helsingistä. Tämän kaltainen yhtäaikainen julkaisu on ensimmäinen koko maailmassa. Kolmioverkkomalli näyttää Helsingin kaupungin vuodelta 2015. Se saatiin aikaiseksi ohjelmalla, jolle annettiin aluksi lähinnä erilaisia ilmakuvauksella saatuja kuvasarjoja. Ohjelma koosti niistä melkein automaattisesti kolmioverkkomallin etsimällä kuvista vastinpisteitä. Pinnat, jotka olivat heijastavia, liikkuvia tai peilaavia oli hankala mallintaa oikein kyseisillä toimintaperiaatteella. [3, s. 8, 11.]

Koko kaupungin kattavan 3D-kaupunkimallin avulla Helsinki pystyy tekemään erilaisia laskelmia ja visualisointeja, jotka voivat liittyä esimerkiksi liikenteeseen ja kaupungin tiivistämiseen täydennysrakentamisen avulla. Niillä on tehty myös kestävästä kehitystä tukevia aurinkoenergia-analyyskejä, jotta löydettäisiin optimaalisimmat paikat sijoittaa aurinkopaneeleita. Helsingin semanttinen 3D-kaupunkimalli perustuu CityGML-muotoon, ja sen valmistamiseksi käytettiin lähtöaineistona kartta- ja paikkatietoaineistoja, erilaisia rekistereitä, pistepilviä, ilmavalokuvia sekä rakentamisen tietomalleja. [3, s. 9; 15.]



Kuva 5. Helsingin kaupungin semanttinen 3D-kaupunkimalli [4]

Helsingin kaupunkimalliaineistot ovat saatavilla avoimena datana internetissä. Aineistot löytyvät Helsinki Region Infoshare-sivustolta, joka toimii Helsingin seudun yhteisenä aineistojen jakopaikkana. Sivustolta voi ladata kaupunkimallin pakatut CityGML-tiedostot, kolmioverkkomallin OBJ-tiedostomuodossa sekä 3D-virtuaalimallin Munkkiniemi-Haaga-3D-mallista. [15.]

3D-kaupunkimalli on tuottanut Helsingille positiivista julkisuutta, sillä se voitti Lontoossa järjestetyn innovaatiokilpailun merkittävä infrastruktuurihanke-kategoriassa. Helsingin kaupungin toivomuksissa olisi avoimien 3D-kaupunkimalliaineistojen hyödyntäminen erilaisissa hyötypelisovelluksissa. Osaamisesta sen ei pitäisi jäädä Suomessa kiinni. [3, s. 10.]

Vantaa

Vantaa on julkaissut avoimena aineistona kahden eri tason 3D-kaupunkimalliaineistoa. Mallit ovat luokituksestaan LOD1- ja LOD2-tason malleja. LOD1 on tehty siten, että rakennuksien ulkorajojen mukaan vedettiin rakennukset maanpinnan tasolle. Tämän jälkeen rakennusten korkeuksiksi määriteltiin alueella vallitseva keskimääräinen rakennuskorkeus kyseisille rakennusluokille. LOD2-aineisto on tehty laserkeilausaineistosta ja rakennuksien katot on tehty suoraan automaattisesti. Rakennuksien seinä ulottuvat todellisuutta ulommaksi, johtuen siitä että seinäpinnat ovat tehty rakennuksien kattojen räystäiden ulkorajojen kohdalle. [16.]

Avoimen aineiston voi ladata Sketchup-, KML- ja CityGML-muodossa. CityGML-aineisto on näistä kehittynein versio, sillä se sisältää muista formaateista poiketen myös ilmakuvista saadut katto- ja seinätekstuurit. [16.]

Vantaan kaupunki hyödyntää 3D-mallinnusta esimerkiksi pientaloaluiden täydennysrakentamisessa. Kaupungin yksi tavoite on osallistaa kuntalaisia ja rakentajia täydennysrakentamisen suunnitteluun. Kolmiulotteisen mallin avulla voidaan kokeilla erilaisia rakentamisen vaihtoehtoja jopa tonttikohtaisesti. [17.]

Hyvinkää

Hyvinkään kaupunki julkaisee syksyllä 2018 asukkailleen 3D-mallin kaupungin keskustasta. Malli tulee olemaan selaimessa toimiva 3D-palvelu, johon keskustassa toimivat paikalliset kiinteistöalan yritykset voivat lisätä suunnitelmiaan. Kaupunkilaisetkin pääsevät tuomaan omia ajatuksiaan ilmi, sillä 3D-palveluun sisällytetään piirtämiseen tarkoitettuja työkaluja. Kaupunkimalli perustuu laserkeilattuun pistepilviaineistoon, johon on yhdistetty maasto- ja julkisivukuvia. Yksi projektin keskeisiä tavoitteita on vuorovaikutuksen lisääminen eri osapuolten välillä. [18.]

Hyvinkään 3D-kaupunkimalliprojektista tekee erityisen mielenkiintoisen se, että kyseistä 3D-mallia optimoidaan myös varta vasten sopivaksi älypuhelinikäyttöön. 3D-kaupunkimallin ja mobiililaitteen avulla käyttäjä pystyy näkemään, miltä tulevaisuus näyttää juuri siinä kohtaa, missä hän seisoo. [18.]

Tällä hetkellä Hyvinkään kaupungin julkiset 3D-kaupunkimallit rajoittuvat yksittäisiin kaavoitusprojekteihin, joista esimerkkinä on Hangonsillan asemakaava. Siihen liitettiin mukaan selaimessa katseltavaa 3D-kaupunkimalliaineistoa. [19.]

Oulu

6Aika-hankkeessa Suomen kuusi suurinta kuntaa (Helsinki, Espoo, Tampere, Vantaa, Oulu ja Turku) pyrkivät yhdessä kehittämään avoimempia ja älykkäämpiä palveluita sekä vahvistamaan Suomen kilpailukykyä kansainvälisillä markkinoilla. Hanke sisältää kolme laajamittaista kärkihanketta sekä niihin kuuluvia pilotti- ja osatoteutuksia. Yhtenä kärkihankkeista oli 31.12.2017 päättynyt Avoin data ja avoimet rajapinnat -hanke, jossa kunnat pyrkivät julkaisemaan erilaisia kuntansa aineistoja avoimena aineistona kaikille käyttöön. [20; 21.]



Kuva 6. Teksturoitu pistepilviaineisto Oulun kaupungin keskustasta [22].

Oulun kaupunki julkaisi kaupungistaan 6Aika-osahankkeen aikana 3D-kaupunkimallin. Malli kattaa koko Oulun keskustan ja sen lähialueet. 3D-kaupunkimalli on suurelta osin LOD1-tarkkuudella, mutta osa keskustan rakennuksista on mallinnettu LOD2-tarkkuudella. LOD2-rakennusten mallit sisältävät pistepilviaineiston avulla luotuja kattomuotoja (kuva 6). 3D-kaupunkimallia voi katsella tai ladata itselle karttalehtityyliä. Kaupunkimallin pystyy lataamaan Skp- ja Dwg-tiedostomuodossa. [23.]

Oulu tarjoaa myös kaupungistaan pistepilviaineistoa avoimena aineistona, jonka voi ladata itselle ja katsella sitä selainpohjaisella ratkaisulla. Pistepilviaineisto kattaa osan Oulun keskustasta. Aineiston pisteet ovat saaneet todellisuutta vastaavat värit ilmakuviavulla. Aineisto on tehty valokuvista fotogrammetrisesti käyttäen Pix4D-ohjelmaa. [24.]

3.2 KM3D-hankkeen kuntakyselyjen keskeiset tulokset

KM3D-hanke eli kolmiulotteinen kaupunkimalli -hanke käynnistyi vuonna 2014. Hanke laitettiin alulle, koska oli tarve kunnille luoda yhteiset pelisäännöt 3D-kaupunkimallinnukseen liittyen. Kaupunkimallinnuksen ohjekirja parantaisi eri tietokokonaisuuksien saamista yhä useamman käytettäväksi ja monipuolisempiin tarkoituksiin. Samalla ohjeistus auttaisi hallitsemaan Suomen valtion ja kuntien käytössä syntyvää tietoaaineistoa. [24.] Hanke tehtiin yhteistyössä Kuntaliiton ja BuildingSMART Finlandin kanssa. BuildingSMART Finland on osa maailmanlaajuisia BuildingSMART-organisaatiota, jonka tarkoituksena on parantaa toimialaa koskevien sovellusten yhteiskäyttöisyyttä ja edistää maailmanlaajuisien tietomallien standardien käyttöönottoa. [2; 26.] KM3D-hankkeessa rahoittajina toimivat muun muassa isot ja keskisuuret kaupungit, konsulttiyritykset ja ympäristöministeriö [25].

KM3D-hankkeen alkuvaiheessa toteutettiin kuntakysely. Kyselyn aikoihin 3D-kaupunkimallinnus oli jo tuttu asia suurelle osalle kunnista, mutta varsinainen mallinnus sisälsi vielä paljon erilaisia haasteita. Isoimpina ongelmoina nähtiin 3D-kaupunkimallin tiedonsiirto, mallintaminen, ylläpito ja mallin hyödyntäminen. [1, s. 13.] Kuntakyselyn perusteella yhteisiä kansallisia ohjeistuksia 3D-kaupunkimalleihin tarvittaisiin etenkin mallintamisessa, kaupunkimallistrategiassa, tiedonsiirrossa ja mallien tarkkuustasoissa [27].

Useimmissa kunnissa oli kyselyn tekoaikaan jo käytössä vähintään jonkinlainen kolmiulotteinen kaupunkimalli. Yleisin käytössä ollut malli oli LOD0-tasoinen malli. Monella kunnalla oli myös valmistunut laatikko- ja pintamalli-tasoisia 3D-kaupunkimalleja. Yksityiskohtaisinta mallia eli sisätilamallia ei ollut käytössä tai hankittuna kuin yksittäisillä kunnilla, eivätkä muutkaan kunnat olleet edes hankkimassa kaupunkimallia näin tarkalla tasolla. Suosituimmat ohjelmat vuonna 2014 3D-kaupunkimalleja kehitettäessä olivat Bentleyyn Microstation ja Trimblen SketchUp. Näiden lisäksi paljon käytettyjä olivat Autodesk 3DS MAX, Vianova Virtual Map ja Terrasolidin ohjelmistot. Käytetyimpiä tiedonsiir-

toformaatteja olivat Dwg, Dgn ja Skp. Vuonna 2014 3D-kaupunkimalleja oli hankittu eniten yksittäisiä projekteja varten. Toiseksi yleisin syy laatia kolmiulotteista kaupunkimallia oli halu saada koko kaupungin tai ainakin sen keskustan kattava kolmiulotteinen malli. [27.]

Kyselyn vastausten perusteella yhtenäiselle 3D-kaupunkimallille oli kysyntää eritoten kunnan toimijoiden visioinnissa, vuorovaikutuksessa, suunnittelussa ja päätöksenteossa. Näiden kaupunkimallien tarkkuustasot vaihtelisivat yksinkertaisista maastomalleista yksityiskohtaisempiin julkisivumalleihin. Sisätilamallille ei nähty suurta tarvetta, ainakin kun puhutaan yhtenäisen kaupunkimallin hyödyntämisestä. [27.]

Kyselyssä tiedusteltiin kuntien halukkuutta ottaa käyttöön CityGML-tiedonsiirtoformaattiin perustuva kansallinen 3D-kaupunkimallistandardi. Noin 30 % vastasi kysymykseen myöntävästi, ja loput noin 70 % vastaajista ei osannut sanoa asiaan omaa kantaansa. CityGML-pohjaisia ratkaisuja käytetään Keski-Euroopassa ja siitä saatuja kokemuksia on hyödynnetty tutkittaessa sen soveltuvuutta Suomeen. Tarkasteluiden perusteella on päätetty, että Suomeen ei voi ottaa suoraan käyttöön minkään muun maan ohjeistusta. Mikäli kansallista standardia otettaisiin käyttöön Suomessa CityGML-muodossa, olisi suotavaa pitää CityGML-formaatti lähellä alkuperäistä CityGML-muotoa. Jos käytetään kansallisia laajennuksia, niin laajennuksille pitäisi asettaa selvät raja-alueet. [28.]

Oskari Liukkonen teki diplomityössään [1] osana KM3D-hanketta haastattelukierroksen kuuteen kuntaan. Kunnat olivat Helsinki, Kerava, Espoo, Vantaa, Lahti ja Seinäjoki. Kyseiset kunnat toivat haastatteluissa esille samoja asioita, joita myös kuntakyselyssä ilmeni. 3D-kaupunkimallinnuksesta oli jo kokemuksia vastauskunnissa. 3D-kaupunkimallintietotaidon puute nähtiin kuitenkin ongelmana. Yhteisten toimintatapojen ja standardien puuttuminen oli johtanut siihen, että 3D-kaupunkimallieja oli tuotettu eri kunnissa ja kuntien sisälläkin eri menetelmin ja ohjelmin, eivätkä eri yksiköt olleet aina tietoisia toistensa tekemisistä. [1, s. 13–14, 76.]

Yhtenä ongelmana nousi haastatteluiden perusteella myös 3D-kaupunkimallinnukselle jaettavien resurssien vähyys, jolloin tehdyt mallit olivat jääneet oman onnensa nojaan ja asiasta innostuneet vaihtaneet työpaikkoja. [1, s. 14.]

Kolmiulotteinen kaupunkimalli nähtiin tulevaisuuden arkipäiväisenä työvälineenä ja sen ajateltiin mahdollisesti korvaavaan nykyisen kantakartan. Tulevaisuudessa 3D-kaupunkimalli nähdään osana suunnittelua, vuorovaikutusta ja palveluja niin kuntalaisten kuin suunnittelijoidenkin keskuudessa. Haasteina nähtiin erilaisten tarpeiden tyydyttäminen yhteisellä toimintatavalla, ylläpidon kustannukset ja tiedonkeruun rahoitus. Tämän lisäksi koettiin, että 3D-kaupunkimallia varten joudutaan tekemään liikaa erilaisia työvaiheita. Kunnat haluaisivat enemmän valmiina olevia tuotteita, jotka olisivat jo melko hyvin käyttökunnossa heti ja mallin varsinainen hyödyntäminen suunnittelussa voisi siten alkaa nopeammin. Selvityksen mukaan kunnissa tulisi olla yhtenäinen tahtotila ja tarvittavat resurssit kaupunkimallien kehittämiseen, jotta 3D-kaupunkimallinnuksen tilanne paranisi ja päästäisiin tulevaisuuden visiointeihin. Myös vuorovaikutusta tulisi lisätä kunnan eri toimijoiden parissa. Tarpeellisena nähtiin myös, että ollaan mukana maailmanlaajuisten standardien kehittämisessä. [28.]

Osana Liukkosen diplomityötä tehtiin ohjeistus kunnille siirtymisestä nykyään yleisesti käytössä olevasta 2D-kantakartasta 3D-kaupunkimalliin. Ohjeistuksen pääpiirteiden mukaan kunnissa tulisi kehittää 3D-kaupunkimallinnusta hankkimalla tarvittavan kattava 3D-kaupunkimallinnustietotaito ja 3D-kaupunkimallinnuksen tulisi pohjautua käyttötarkoituksiin, jotka lähtevät oikeista tarpeista. Kolmiulotteisen kaupunkimallin managerointi, ylläpito ja tiedonsiirto tulisi olla jo mietittynä ennen kaupunkimallin työstämistä, ja lopullisen syntyvän mallin tulisi sopia jo nykyisiin työ- ja palveluprosesseihin. Näiden lisäksi 3D-kaupunkimallin tekemisessä ja ylläpidossa tulisi tukeutua tarkasti määriteltyihin standardoituihin mallinnus- ja tiedonkeruuprosesseihin. Niiden avulla pitäisi pystyä tekemään 3D-kaupunkimallia ainakin puoliautomaattisesti. [1, s. 76.]

4 Kuntakyselyn toteutus ja tulokset

4.1 Kyselytutkimuksen suunnittelu ja toteutus

Survey-tutkimus tarkoittaa tutkimustapaa, jossa tieto kerätään standardoidusti ja kyselyyn vastaajat ovat itsessään otos tai ainakin näyte tarkasti valikoidusta perusjoukosta. Standardoitavuus kuvastaa sitä, että kaikilta survey-tutkimukseen osallistujilta pitää tutkittavat asiat kysyä tismalleen samoilla tavoilla. Yksi tapa toteuttaa survey-tutkimusta on kyselytutkimus, joka valikoitui myös tämän opinnäytetyön menetelmäksi. [29, s. 193.]

Kyselytutkimuksen teettämisessä on sekä positiivisia että negatiivisia piirteitä. Sen avulla voidaan tavoittaa helposti suuri määrä ihmisiä, ja itse kyselystä voidaan tehdä kattava. Kyselytutkimus on myös tutkijan näkökulmasta usein tehokas niin ajan kuin vaivannäön kannalta. Kyselylomakkeen avulla pystytään keräämään monipuolisesti tietoja esimerkiksi tosiasioista, arvoista, asenteista, mielipiteistä ja toiminnasta. Kyselytutkimusta ei kuitenkaan arvosteta kovin syvällisenä tutkimustapana, sillä saatu aineisto jää herkästi pinnalliseksi. Kyselytutkimuksen huonoihin puoliin kuuluu myös se, ettei voida olla varmoja siitä, kuinka tosissaan kyselyn vastaanottajat ja siihen vastanneet ovat sen ottaneet. Kyselytutkimuksiin ei myöskään aina saada kovin hyviä vastausprosentteja. Lisäksi kyselyssä annettujen vastausvaihtoehtojen oikeellisuutta voi olla vaikea arvioida ennen kyselyn toteuttamista, ja väärinymmärryksiä on vaikea hallita. [29, s. 195–197.]

Kyselyn onnistumista voidaan parantaa rakentamalla kyselylomake järkevästi. Erityisen tärkeää on kyselyä laatiessa kiinnittää huomiota sanavalintoihin ja kieliasuun. Kaikkien vastaajien tulee pystyä ymmärtämään kysymykset samoilla tavoin. Yleisimpiä kysymystyyppejä ovat monivalintakysymykset, avoimet kysymykset sekä skaaloihin perustuvat kysymykset, joilla kaikilla on omat hyvät ja huonot puolensa. Yksinkertaiset, lyhyet kysymykset sopivat hyvin, kun halutaan kysyä tarkasti määriteltyjä tosiasioita, mutta kovin suljetut kysymykset kahlitsevat vastaajan valmiiksi valittuihin vastausvaihtoehtoihin. Avoimilla kysymyksillä puolestaan saadaan monipuolista tietoa tutkittavasta asiasta, mutta tutkijan näkökulmasta tietoa voi olla vaikeampi käsitellä. Skaaloihin perustuvia kysymyksiä käytetään usein asennemittauksissa, mutta riskinä on, että vastaaja vastaa sen mukaan, mitä pitää sosiaalisesti suotavana. [29, s. 198–203.] Tähän opinnäytetyöhön tehdyssä kyselylomakkeessa hyödynnettiin kaikkia yllämainittuja kysymystyyppejä sekä niiden yhdistelmiä. Kyselylomake on tämän työn liitteenä 1.

Verkkokysely on nykyaikainen tapa teettää kysely. Verkkokyselyiden vastausprosentti on ollut viime vuosikymmeninä nousussa. Sen sijaan perinteisen hieman vanhantavan postikyselyn suosio on ollut laskemaan päin. Verkkokyselyn etuja on sen toimittamisen helppous, sekä kyselyn vastauslomakkeen takaisin anto. Verkkokyselyä varten joutuu kuitenkin hieman etsimään tietoa, miten saa kaikki haluamansa vastaajien yhteystiedot käsiinsä. [30, s. 109.]

Opinnäytetyönä toteutin kuntakyselyn 3D-kaupunkimallinnuksesta. Tein kyselyn Metropolian e-lomakkeen avulla, johon päädyin sen helppokäyttöisyyden ja tietoturvallisen alustan vuoksi. Kysely lähetettiin yhteensä 44 kuntaan ja 52 henkilölle. Kyselyn vastaanottajiksi valitsin asiantuntijoita eri puolelta Suomea kuntien omilta verkkosivuilta. Lisäksi hyödynsin vuonna 2014 kuntakyselyyn vastanneiden henkilöiden listaa. Pysin valitsemaan asiantuntijoita eri toimintayksiköistä, kuitenkin niin, että paikkatiedon asiantuntijoita olisi mahdollisimman paljon. Isoimmat kunnat ovat yleensä olleet edelläkävijöitä 3D-kaupunkimallinnuksessa Suomessa, joten suurista kunnista valitsin varmuuden vuoksi 1–2 henkilöä, jotta todennäköisyys isoimpien kuntien osallistumiseen paransi.

Linkin kyselyyn lähetin potentiaalisille vastaajille sähköpostin avulla, piilottaen viestin vastaanottajilta muut viestin saaneet henkilöt. Kyselyn lähetekirjelmässä (liite 2) tarjosin vastaajalle myös vaihtoehtoa lähettää kysely omassa työskentely-yksikössään eteenpäin, mikäli kyselyn vastaanottaja koki, että toinen henkilö olisi parempi vastaamaan kyselyyn. Vastausaikaa kyselylle oli noin kaksi viikkoa, ja lähetin muistutusviestin kyselystä muutama päivä ennen kyselyn sulkeutumista. Kysely toteutettiin anonyymisti niin, että vastaajan edustama kunta on minulla tiedossa. Kuntakohtaisia tietoja ei kuitenkaan tuoda esille tuloksien esittelyn yhteydessä.

4.2 Kyselytutkimuksen tulokset

Kyselyyn vastasi yhteensä 34 henkilöä 30 eri kunnasta. Näiden lisäksi yksi vastaaja ei vastannut kyselyyn, mutta lähetti lyhyen tilannekatsauksen kuntansa tilanteesta sähköpostiviestin avulla. Tämä tilannekatsaus on huomioitu kysymyksen 15 analysoinnin yhteydessä. Vastauksien tuloksinassa on huomioitava, että vastaaja on pystynyt ohittamaan kysymyksen ja osassa kysymyksistä myös antamaan useamman vastauksen. Saman kunnan sisältä saadut vastaukset on tarkasteltu niin, että mikäli vastaajat ovat antaneet keskenään täysin yhtenevät vastaukset koskien kunnassa käytössä olevia toimintoja,

vain yksi vastaus on huomioitu kuntakohtaisessa yhteenvedossa. Näin on esimerkiksi toimittu kysymyksissä, joissa tiedusteltiin kunnissa käytössä olevia ohjelmistoja ja tiedonsiirtoformaatteja. Niissä kysymyksissä, joissa saman kunnan sisältä vastanneet henkilöt antoivat toisistaan poikkeavat tulokset, on kaikki annetut vastaukset huomioitu. Mielenpitoja tai kokemuksissa mittaavissa kysymyksissä kaikki saadut tulokset on aina huomioitu.

4.2.1 Vastaajien taustatiedot

Kysymykset 1–3 koskivat vastaajan taustatietoja. Vastaajien enemmistö edusti kuntansa paikkatieto-osastoja (25). Seuraaviksi eniten oli vastaajia kaavoituksen (9) ja maankäytön (6) osastoilta. Loput vastaajista koostuivat tietopalvelu-, mittaus- ja kiinteistönmuodostus-yksiköissä työskentelevistä henkilöistä. Varsinaisessa kysymyksessä valittavien vaihtoehtojen määrää ei rajattu, joten sama henkilö on voinut edustaa vastauksissaan useampaa toimialaa.

Kyselyyn vastanneista 3D-kaupunkimallia käytti päivittäin työssään kuusi vastaajaa ja muutaman kerran viikossa kahdeksan vastaajaa. Muutaman kerran kuukaudessa kaupunkimallia puolestaan hyödynsi seitsemän henkilöä. Neljä vastaajaa on käyttänyt mallia harvemmin kuin kerran kuukaudessa ja seitsemän vastaajaa ei ole käyttänyt työssään ollenkaan 3D-kaupunkimallia. 3D-kaupunkimallia käytti siis säännöllisesti työvälineenä reilusti yli puolet vastaajista.

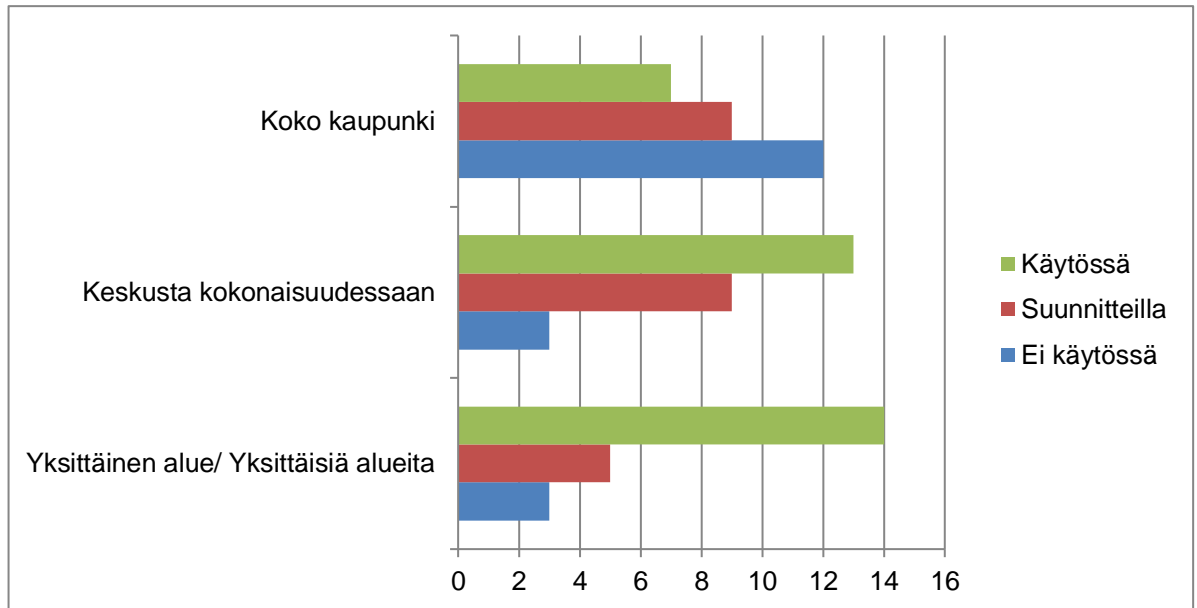
4.2.2 3D-kaupunkimallinnuksen tilanne kunnissa

Kysymykset 4–10 koskivat kuntien tämänhetkistä vaihetta 3D-kaupunkimallinnuksessa. Kysymys 4 käsitteli sitä minkälaista toimintaa tai hankkeita kunnissa on 3D-kaupunkimalleihin liittyen (kuva 7). LOD0–LOD1-tason 3D-kaupunkimalli on vastauksien perusteella kunnissa jo melko yleisesti käytössä. Samoin noin puolella oli LOD2-tasoinen malli käytössä. Hankinnassa oli monessa kunnassa LOD2–LOD3-tasoinen malli. Sisätilamalli (LOD4) kerrottiin olevan käytössä vain yhdessä kunnassa. Muutama vastaaja jätti kysymyksessä vastaamatta osaan kohdista. Lisäksi parin saman kunnan vastaajan vastaukset erosivat jonkin verran toisistaan. Tässä tapauksessa kaikki annetut vastaukset on huomioitu tulosten esittelyssä.

	Käytössä	Hankittu	Hankinta kesken	Ei hankita/ Ei suunnitteilla	Ei tietoa
Maastomalli(LOD0)	23	3	2	3	0
Laatikkomalli (LOD1)	23	2	4	1	1
Pintamalli (LOD2)	16	3	9	2	1
Julkisivumalli (LOD3)	9	0	11	7	2
Sisätilamalli (LOD4)	1	1	5	18	2

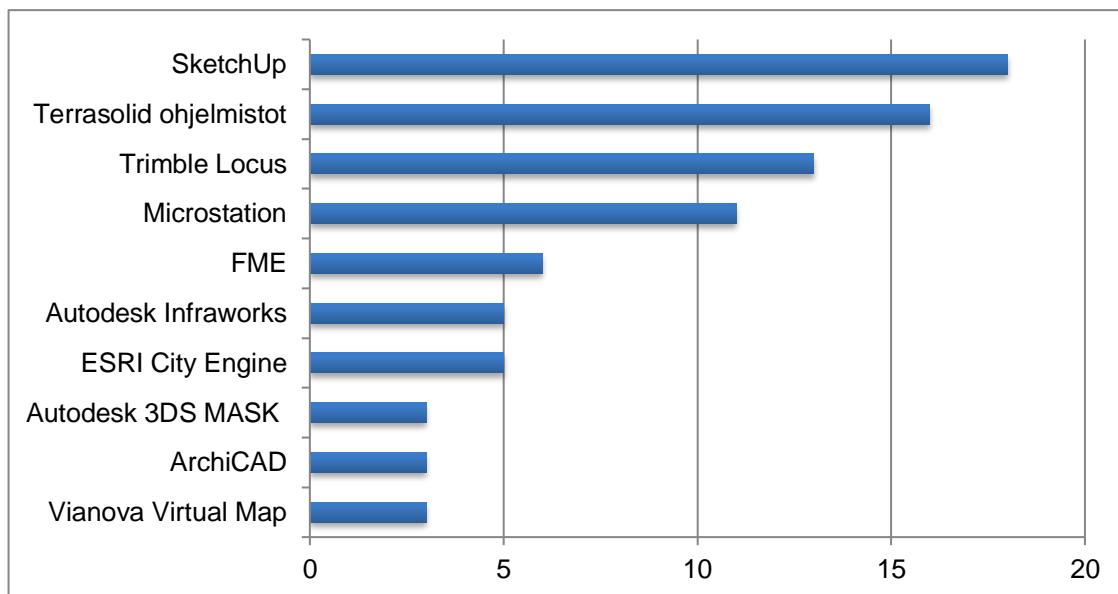
Kuva 7. Kysymys 4. Minkälaista toimintaa tai hankkeita kunnassanne on 3D-kaupunkimalleihin liittyen?

Kysymyksessä 5 (kuva 8) tiedusteltiin vastaajilta sitä, miten kattavasti 3D-kaupunkimalleja on käytössä kunnan alueella. Kaikissa vastanneista kunnista oli 3D-mallinnettuja alueita. Suurimassa osassa kunnista oli käytössä 3D-mallinnuksia yksittäisistä alueista ja/tai keskustasta kokonaisuudessaan. Koko kaupunki oli mallinnettu vain pienessä osassa kunnista, ja suunnitelmia sen tuottamiseksi oli alle kymmenessä kunnassa.



Kuva 8. Kysymys 5. Missä laajuudessa 3D-kaupunkimalliaineistoa on käytössä kunnassanne?

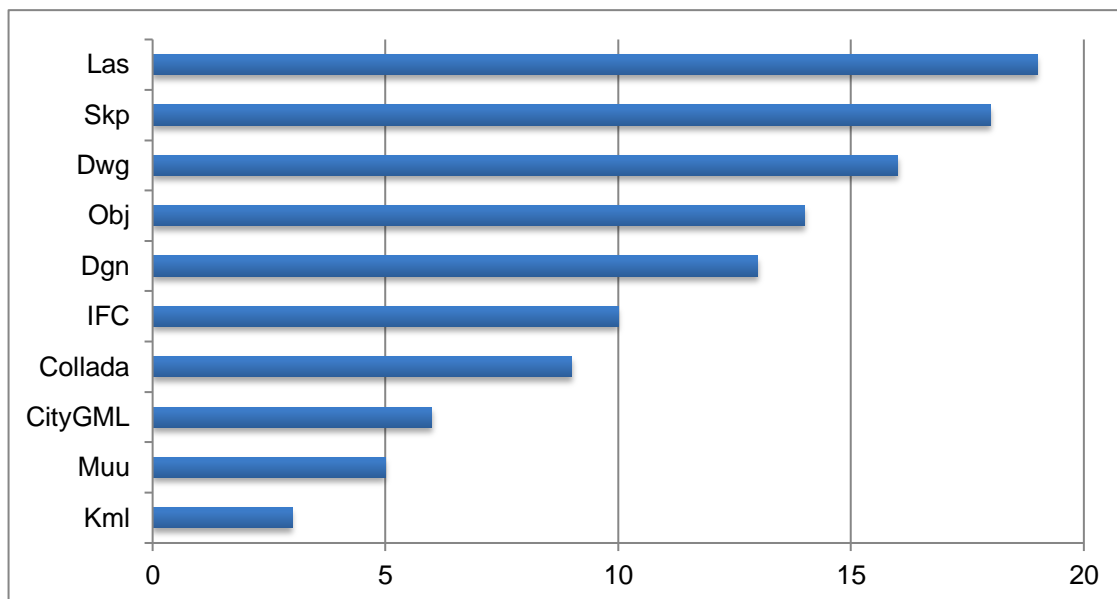
Kyselyn perusteella kolme suosituinta 3D-kaupunkimallinuksessa käytettyä ohjelmistoa kunnissa ovat Trimblen SketchUp ja Locus, sekä Terrasolid-ohjelmistot. Kymmenen käytetyintä ohjelmistoa on esitelty kuvassa 9. Näistä FME ei ollut tarjottuna alkuperäisissä vastausvaihtoehtoissa, mutta ohjelmisto nousi käytetyimpien joukkoon vastausvaihtoehdon muu kautta. Suosituimmat ohjelmat vuonna 2014 3D-kaupunkimalleja kehitettäessä olivat Bentleyyn Microstation ja Trimblen SketchUp. Näiden lisäksi paljon käytettyjä olivat Autodesk 3DS MAX, Vianova Virtual Map ja Terrasolidin ohjelmistot. [27.]



Kuva 9. Kysymys 6. Mitä ohjelmia 3D-kaupunkimallin työstämisessä on käytetty?

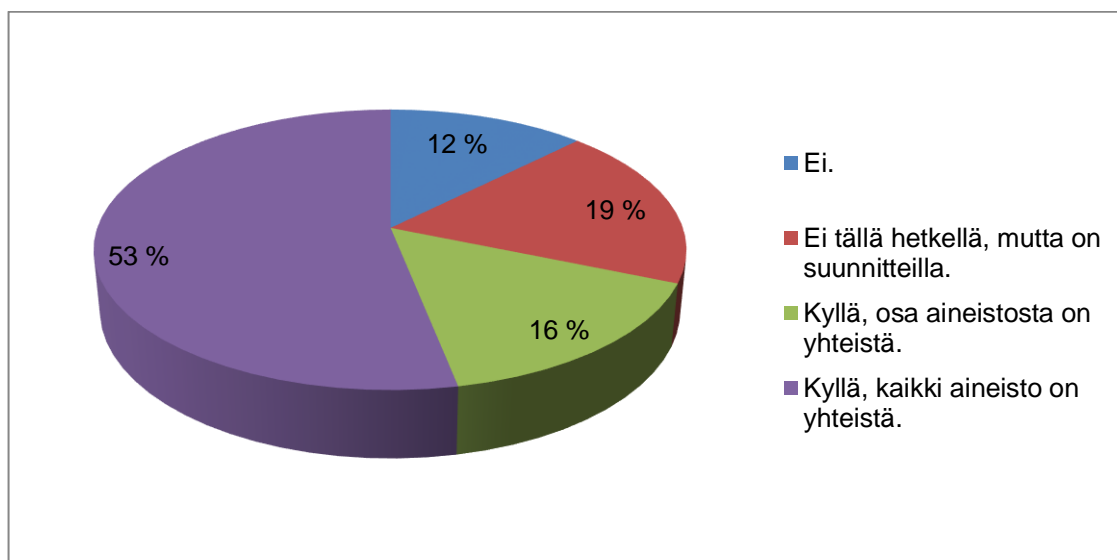
Kunnissa käytetään kuvassa 9 mainittujen ohjelmistojen lisäksi myös paljon muita ohjelmistoja. Näitä olivat esimerkiksi Agisoft PhotoScan, Autodesk Civil 3D, Tekla Civil ja Trimble Business Center. Tuoteperheistä mainittiin esimerkiksi Esrin ArcGIS- ohjelmat ja Bentleyyn Descartes ja ContextCapture. Ilmaisista ohjelmista mainittiin YTCAD ja LAS-tools.

Käytetyimpiä tiedonsiirtoformaatteja vuonna 2014 olivat Dwg, Dgn ja Skp [27]. Tässä kyselyssä suosituimmat 3D-kaupunkimallintamisessa käytetyt tiedonsiirtoformaatit olivat Skp- ja Las-tiedostomuodot (kuva 10). 19 vastaajista käytti työssään Las- formaattia ja Skp-formaattia puolestaan 18 vastaajaa. Seuraaviksi käytetyimmät formaatit olivat Dwg-, Dgn-, Obj- ja IFC-tiedonsiirtoformaatit. Tältä osin tilanne ei ole paljoakaan muuttunut viimeisen neljän vuoden aikana. Kansalliseksi standardiksikin arvioitu CityGML oli käytössä vain muutamassa kunnassa. Muita mainittuja tiedonsiirtoformaatteja olivat, FBX, LandXML, IMX, Shp, 3D-CityDB, lyrx, i3s ja FileGDB.



Kuva 10. Kysymys 7. Mitä tiedonsiirtoformaatteja on käytetty 3D-kaupunkimallintamisessa?

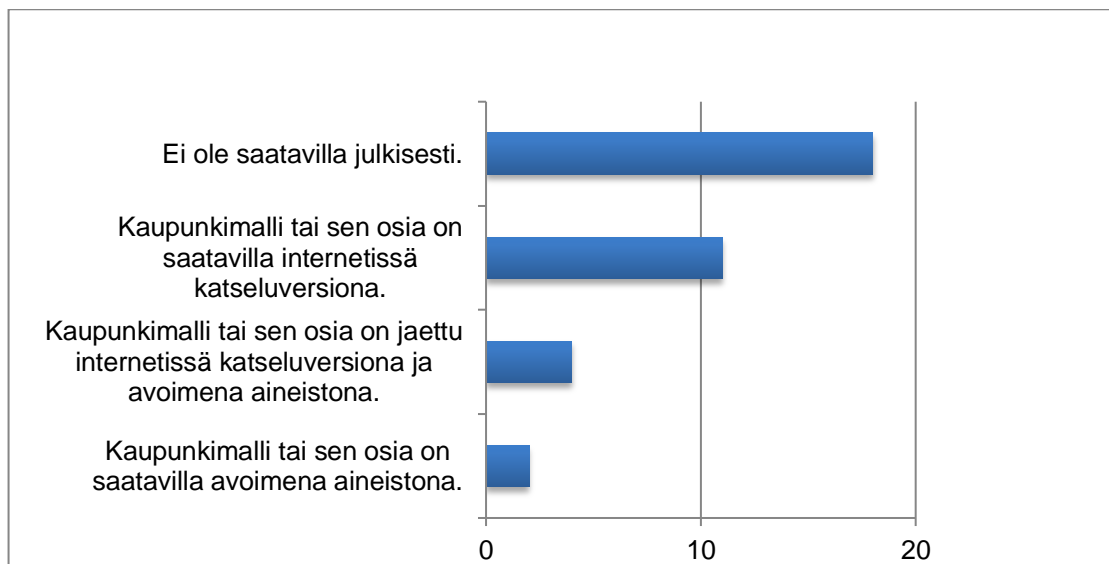
Kaikki 3D-kaupunkimalliaineistot oli jaettuna kunnan eri osastojen välillä suurimmassa osassa vastanneista kunnista (kuva 11). Kuitenkin noin 30 %:ssa kunnista aineistoa ei ollut vielä toistaiseksi jaettu osastojen välillä.



Kuva 11. Kysymys 8. Onko 3D-kaupunkimalliaineistoa jaettuna eri osastojen välillä kunnassanne?

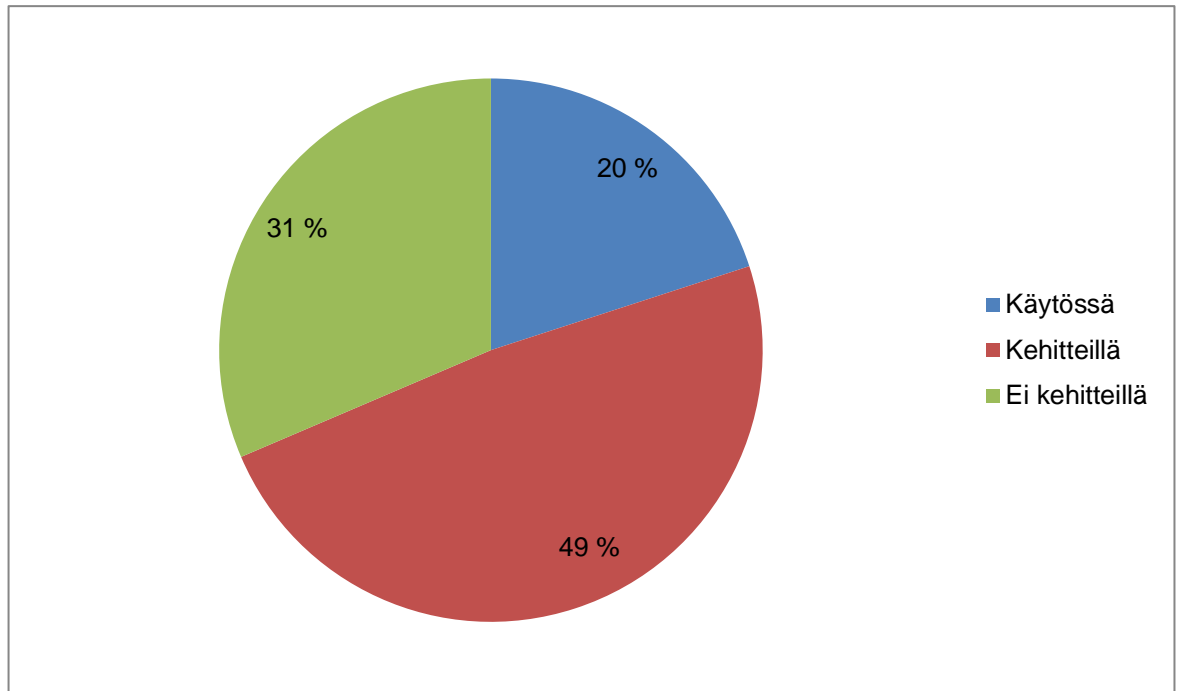
3D-kaupunkimalliaineisto oli vain ammattilaisten käytössä hieman yli puolessa kunnista. Kansalaisille julkinen katseluversio löytyi kuitenkin jo monesta vastauskunnasta, ja kuu-

dessa kunnassa oli jaettuna myös muuta avointa aineistoa. Tässä kysymyksessä vastausten tulkintaa vaikeutti se, että osa vastaajista oli valinnut sekä vaihtoehdon 1 että 2, tai puolestaan sekä 2 että 3, jotka oikeastaan tarkoittavat yhdessä samaa kuin 1. vastausvaihto. Tulokset on esitelty kuvassa 12.



Kuva 12. Kysymys 9. Onko kuntanne 3D-kaupunkimallista julkisesti saatavilla olevaa aineistoa?

Kysymykseen 10 saatiin yhteensä 35 vastausta 29 kunnasta (kuva 13). Osa vastaajista tulkitsi kysymyksen niin, että malli voi olla yhtä aikaa käytössä ja kehitteillä. Osassa kuntia oli jo käytössä varsinainen semanttinen kaupunkimalli ja lähes puolet kunnista vastasi, että niillä oli kuitenkin prosesseja semanttisen kaupunkimallin luomiseksi. Hieman alle kolmasosa vastaajista vastasi, ettei omassa kunnassa ole toimintaa semanttisen kaupunkimallin kehittämiseksi.

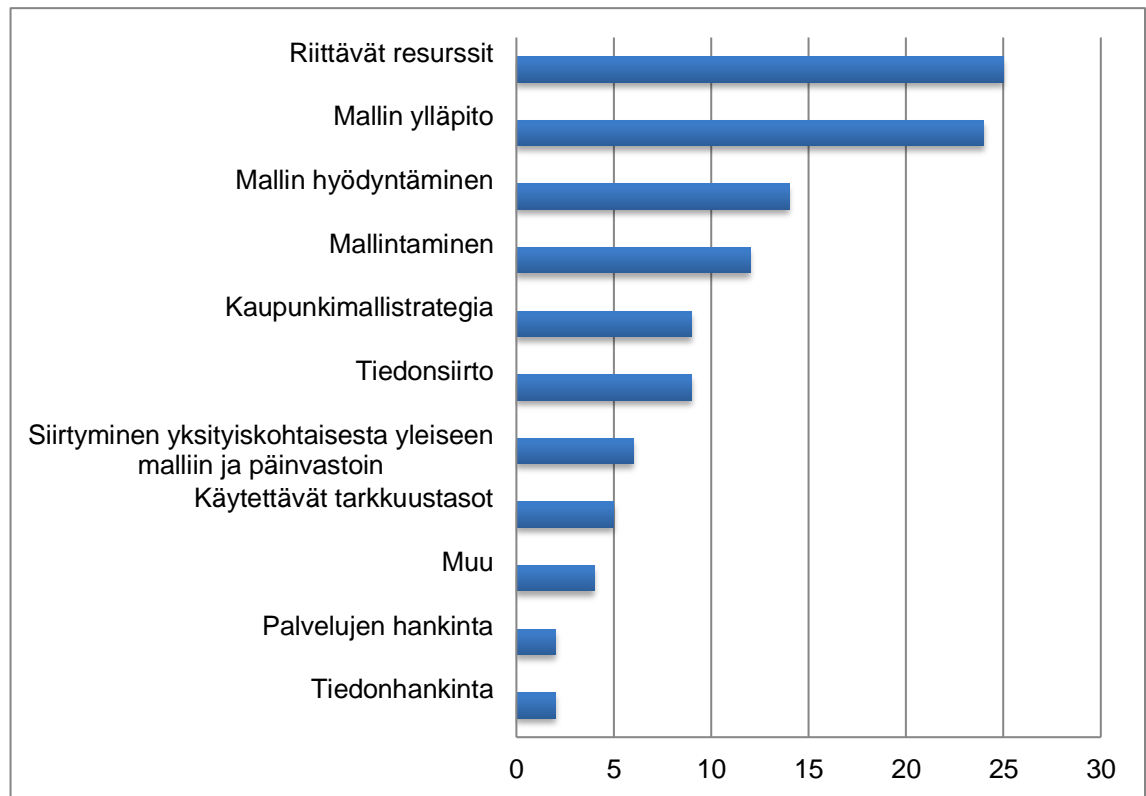


Kuva 13. Kysymys 10. Onko kunnassanne käytössä tai kehitteillä semanttinen 3D-kaupunkimalli?

4.2.3 3D-kaupunkimallinnuksessa koetut haasteet ja kehittämistarpeet

Kysymykset 11–14 koskivat 3D-kaupunkimallinnukseen liittyviä haasteita ja osaamisen kehittämistarpeita. Kysymyksissä myös pyydettiin ajatuksia tulevaisuuden yhteistyöstä esimerkiksi ammattikorkeakoulujen kanssa.

3D-kaupunkimallinnuksessa koettiin olevan eniten haasteita mallin ylläpidossa ja riittävässä resursseissa (kuva 14). Lisäksi usein mallin hyödyntäminen ja itse mallintaminen tuottaa vastaajien mukaan vaikeuksia. Loput vastaukset hajaantuivat melko moneen muuhun eri vastausvaihtoehtoon. Kysymyksessä sai valita 1–3 vaihtoehtoa.



Kuva 14. Kysymys 11. Aikaisempien kuntakyselyjen perusteella 3D-kaupunkimallinuksen kehitykseen on liittynyt paljon haasteita. Missä osa-alueissa näette eniten olevan haasteita tällä hetkellä?

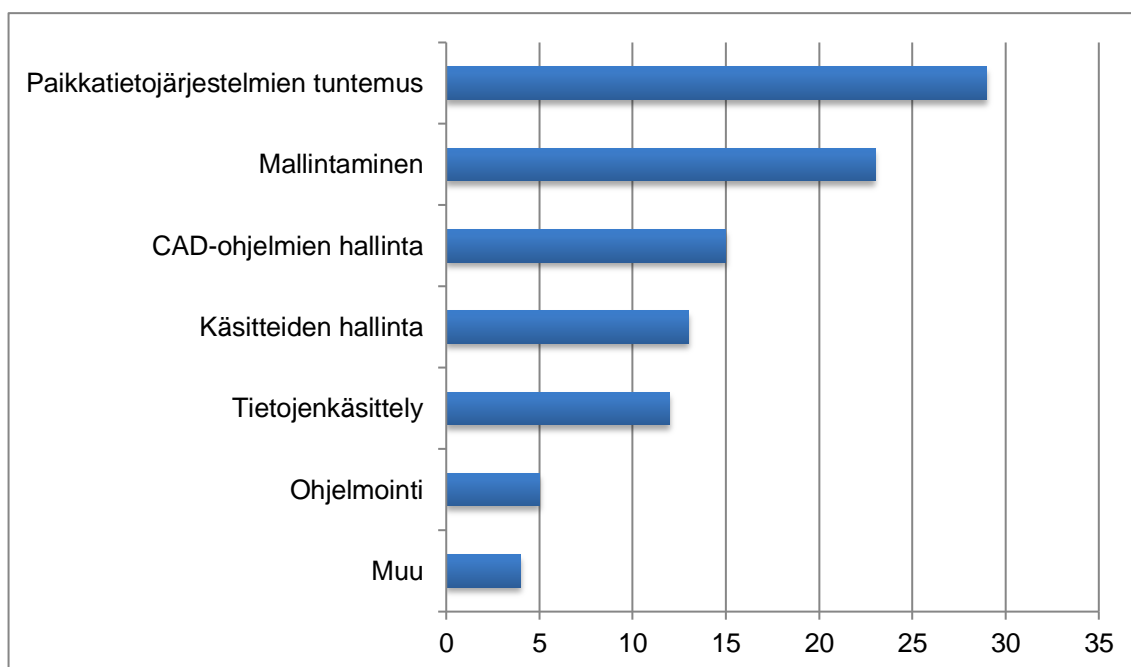
Kysymys 12 (kuva 15) koostui Likert-asteikolle luoduista seitsemästä erillisestä väittämästä. Väittämät koskivat 3D-kaupunkimallinnukseen liittyviä mahdollisia haasteista ja kehittämisen tarpeita. Väittämät pohjautuivat osittain aiemmissa selvityksissä tehtyihin havaintoihin kehittämisen tarpeista.

Vastauksista käy ilmi, että 3D-kaupunkimallinnuksen tietotaidon nähdään pääsääntöisesti olevan hyvällä tasolla kunnissa. Resursseja ja koulutusta kuitenkin tarvitaan lisää, ja suurin osa vastaajista pitää 3D-kaupunkimallien hyödyntämistä haasteellisena. Osuvan henkilöstön riittävyys on selvästi jakautunut vastauskunnissa. Yhteistyö kunnan sisällä on varsin riittävää yli puolesta kunnissa. Kysymys vastavalmistuneiden 3D-mallin-
nusosaamisen tasosta osoittautui hankalaksi kysymykseksi, sillä noin kaksi kolmasosaa vastaajista on jättänyt ottamatta kysymykseen kantaa.

	Samaa mieltä	Osittain samaa mieltä	Ei samaa eikä eri mieltä	Osittain eri mieltä	Eri mieltä
Kunnassa on riittävästi tietotaitoa 3D-kaupunkimalleja varten.	5	18	4	3	3
Kunnassa on riittävästi resursseja 3D-kaupunkimalleja varten.	3	7	3	14	7
Osaavaa henkilöstöä on tarpeeksi.	1	13	5	10	5
Koulutusta tarvitaan lisää.	12	19	1	2	0
Vastavalmistuneiden 3D-mallinnusosaaminen on hyvällä tasolla	1	8	21	3	0
3D-kaupunkimallien hyödyntäminen on haasteellista.	6	18	5	4	1
Yhteistyötä kunnan eri osastojen välillä on riittävästi.	0	19	3	10	2

Kuva 15. Kysymys 12. Ohessa väittämiä 3D-kaupunkimallinnukseen liittyvistä mahdollisista haasteista ja kehittämisen tarpeista. Valitse asteikolla kuinka paljon samaa tai eri mieltä olet väittämän kanssa.

Kyselyssä tiedusteltiin kuntien asiantuntijoilta tärkeimpiä osaamisalueita, jotka maanmittaustekniikasta valmistuvien opiskelijoiden olisi hyvä hallita siirtyessään työhön, jossa on 3D-kaupunkimallinnusta (kuva 16). Vastaukseen sai valita 1–3 mielestään tärkeintä vaihtoehtoa. Selvästi eniten ääniä sai kyky opiskelijan hallita paikkatietojärjestelmiä (yhteensä 29 kpl). Itse varsinainen 3D-mallintaminen sai myös paljon kannatusta, sillä sen valitsi yhteensä 23 vastaajaa. Näiden suosituimpien valintojen lisäksi useat vastaajat toivoivat CAD-ohjelmien ja alan käsitteiden hallintaa, sekä tietojenkäsittelytaitoja. Muu-vastausvaihtoehdossa pari vastaajaa toivoi myös CityGML:n tuntemusta.



Kuva 16. Kysymys 13. Maanmittaustekniikan opiskelijat tutustuvat opintojen aikana 3D-mallintamisen eri työvaiheisiin. Mitä osaamista valmistuvilta insinööreiltä erityisesti toivotaan, mikäli toiveena on hakeutua 3D-kaupunkimallinnuksen työtehtäviin?

Kysymyksessä 14 tiedusteltiin vastaajilta avoimen tekstikentän muodossa, minkälaisen yhteistyön he näkisivät hyödyllisenä ammattikorkeakoulujen ja kuntien välillä kaupunkimallihankkeiden kehittämiseksi. Vastauksia kysymykseen saatiin yhteensä 15. Vastaajat näkivät yhteistyön ammattikorkeakoulujen kanssa hyödylliseksi. Vastaajat ehdottivat yhteistyöhankkeita ammattikorkeakoulujen kanssa esimerkiksi yhteisten kokeilu-, mallin- ja tiedonkeruuhakkeiden muodossa. Lisäksi ehdotettiin, että ammattikorkeakoulut voisivat olla mukana ylläpitämässä kaupunkimalleja ja ylläpito voitaisiin myös tilata ammattikorkeakouluilta. Ammattikorkeakoulut voisivat olla mukana kaupunkimallin hyödyntämisen ideoinnissa, asemakaavahankkeiden alkuvaiheen työpajoissa ja pilottihankkeiden testauksessa. Kaksi vastaajaa ehdotti yhteistyötä semanttisen kaupunkimallin kehittämiseen liittyen.

Yhteistyön mahdollisuuksina nähtiin myös opiskelijoiden tekemät harjoittelujaksot ja opinnäytetyöt kaupungilla. On tärkeää, että kunnat tarjoavat näihin tilaisuuksia, mutta toisaalta koulujen tulisi voida tarjota osa palkasta, jotta harjoittelut onnistuisivat. Kouluilla tulisi olla käytössä yleisimmät paikkatietojärjestelmät ja kaupunkimallien tekemiseen tarvittavat sovellukset.

Myös ammattikorkeakoulujen näkyvyyttä voisi yhden vastaajan kokemuksen mukaan parantaa.

Oppilaitoksen/koulutusohjelman esillä ja mukana olo esim. Kuntaliiton yhteistyöfoorumeissa. Foorumeita on myös muita/useita. Toistaiseksi AMK:t eivät ole olleet esillä. Yhteistä työtä ja mahdollisuuksia riittäisi varmasti, koska koulutatte potentiaalisia osaajia ja tekijöitä.

Kyselyn viimeinen kysymys oli vapaa tekstikenttä, jossa vastaaja sai tuoda esille omia ajatuksiaan kuntansa 3D-kaupunkimallintamisesta. Saadut avoimet vastaukset antoivat lisätietoja kyselyn muista kohdista ja tukivat aiemmin saatuja tutkimustuloksia. Avointen vastausten perusteella kävi hyvin ilmi, että kunnista löytyy intoa ja kiinnostusta 3D-kaupunkimallinnukseen. Hankkeita ja etenkin eritasoisia suunnitelmia on runsaasti vireillä. 3D-kaupunkimalli halutaan rakentaa niin, että se on yhtä aikaa mahdollisimman monipuolinen ja helppokäyttöinen, mutta myös kustannustehokas.

Vastaajan henkilökohtaisena tulevaisuuden toiveena/kehityksenä olisi mallin käyttäminen suunnittelussa aktiivisena ja ajantasaisena tietomallipohjaisena lähtöaineistona ja suunnittelualustana, jossa suunnitelmat ja toteutunut rakentaminen palautuu tietosisältöisenä. Myös historiatieto olisi säilyttävä (ns. revisio- ja versiohistoria).

**** määritetään/testataan parasta aikaa prosesseja/tapoja, joiden avulla malli voitaisiin tuottaa mahdollisimman automaattisesti muiden olemassa olevien tehtävien yhteydessä. Erillistä mallia ei ole tarkoitus tuottaa vaan kaupunkimalli tulee rakentumaan jo nykyisen ylläpidettävän kaavan pohjakartan ylläpito-prosessin yhteyteen.

Hyvistä suunnitelmista huolimatta toteutuksen puolella tuli ilmi haasteita. Haasteina avointen vastausten perusteella nousi resurssien ja mahdollisen budjettisuunnitelman tai kaupunkistrategian puuttuminen. Lisäksi 3D-kaupunkimallin ylläpito koettiin haasteelliseksi ja osassa kunnista oikean ohjelman puuttuminen 3D-mallin työstämiseen.

3D-malli on käytössä suunnitteluhankkeiden esittelyä sekä kuntalaismielipiteiden saamista varten. 3D-mallin laajentamista ja semanttisen mallin toteuttamista ollaan mietitty, mutta kaupunkimallistrategia ja resurssit puuttuvat. Alkuluontoisia testejä nykyisen mallin laajentamisesta ja muuttamisesta semanttiseksi ollaan tekemässä.

***** on vasta hankittu Trimblen 3D-optiot. Ollaan siis aivan alussa. Mallinnusta tukevia aineistoja ei ole vielä riittävästi. Mallinnus- ja strukturointiautomaattien kehitystä seurataan ja toivotaan niistä saatavan apua kustannustehokkaaseen mallituotantoon. Kaupunkimallin ylläpito liitetään kantakartan ylläpitoon.

4.3 Kyselytutkimuksen tulosten arviointi

4.3.1 Tulosten luotettavuus

Tekemäni kyselyn turvallisuus ja anonyymiyys toteutui luotettavalla tavalla. Kysely lähetettiin sähköpostin avulla ja saajien nimet peitettiin, jotta kukaan ei nähnyt kyselyn muita saajia. Varsinaisen kyselyn pääsi tekemään sähköpostiviestissä annetun linkin kautta HTTPS-protokollalla suojattuun Metropolian e-lomakkeeseen. Kyselyn ollessa käynnissä vielä muutamia päiviä, lähetin muistutusviestin henkilöille, joilta vielä vastaus puuttui. Tämä toimenpide lisäsi huomattavasti kyselyn lopullista vastausprosenttia. Vastausprosentti kyselylle oli 65 % ja kuntatasolla 68 %.

Kyselyn pyrin luomaan niin, että mahdollisimman moni jaksaisi vastata siihen. Pidin kyselyn lyhyenä ja sen alkuosa muodostui monivalintakysymyksistä. Likert-asteikko ja avoimet kysymykset sijoitin loppuun. Samoin vastausprosentin pyrin pitämään korkeana sallimalla vastaajan jättää vastaamatta kaikkiin kysymyksiin. Kyselyn sivu antoi siis lähettää vastaukset, vaikka kaikki kysymyskohdat eivät vastaajalla täyttyneet. Vastaaja pystyi myös valitsemaan useita vaihtoehtoja samaan kysymykseen. Pakotetun vastauksen jättäminen pois kuitenkin nähdäkseni heikensi jonkin verran kyselyn luotettavuutta. Erityisesti saman vastaajan antamat niin sanotut tuplavastaukset vaikeuttivat analysointia, koska jälkikäteen on mahdoton selvittää, oliko tuplavastaus tapahtunut tarkoituksella vai vahingossa. Esimerkiksi kysymyksessä 10 tiedusteltiin, onko kunnassa käytössä tai suunnitteilla semanttista kaupunkimallia. Kaksi vastaajaa vastasi myöntävästi molempiin kohtiin.

Kolmesta kunnasta vastauksia saatiin useammalta vastaajalta. Tämä oli odotettavissa, mutta vaikeutti muutamassa kysymyksessä vastausten analysointia. Ratkaisin asian niin, että osassa kysymyksistä on painotettu kuntakohtaisia tuloksia ja osassa puolestaan on painotettu vastaajan kokemuksia. Keskenään ristiriitaisia vastauksia kunnan sisällä oli kuitenkin vain yksittäisiä, ja kokonaistulosten kannalta niiden merkitys jäi vähäiseksi. Jälkikäteen ajateltuna nämä yllä kuvatut haasteet olisi voitu minimoida, mikäli kyselylomaketta olisi ehditty esitellä muutamalla vastaajalla ennen varsinaisen kyselyn toteuttamista.

4.3.2 Tulosten tarkastelu

3D-kaupunkimallien tarkkuustasojen kehitystä voidaan tarkastella vertailemalla vuonna 2014 KM3D-hankkeessa tehtyä kuntakyselyä tämän insinööritoimiston kyselyyn. Yksityiskohdillaan vaatimattomimpien mallien (LOD0–LOD1) käyttö on vastausten perusteella jo erittäin suosittua. Samoin LOD2-tasoisia malleja on monella kunnalla, ja osalla sen hankkiminen on tällä hetkellä kesken. Niin kutsutun julkisivumallin (LOD3) suosio on kasvanut muutaman vuoden takaiseen kuntakyselyyn verrattuna. Vuonna 2014 kyseistä mallia oli vain muutamissa kunnissa, mutta nyt moni vastasi sen olevan käytössä tai vähintäänkin, että sen materiaali oli hankittu. Yksityiskohtaista sisätilamallia ei ollut juurikaan käytössä kunnissa, mikä ei eroa paljoakaan vuoden 2014 tilanteesta. Vastauksissa oli vain yhdessä kunnassa sisätilamalli käytössä, ja yhdessä se oli hankittu. Vaikka mallien tarkkuustaso näyttää keskimäärin kasvaneen tarkemmaksi, ei kysymyksen vastauksista voi päätellä, missä mittakaavassa näitä malleja käytetään. Jossakin kunnassa esimerkiksi voidaan tehdä LOD3-tason testikokeilua muutaman rakennuksen mittakaavassa, kun samaan aikaan toinen kunta on jo saanut melkein valmiiksi koko kaupungin kattavan LOD3-tasoisien kaupunkimallin. Jälkikäteen arvioituna tästä asiasta olisi voitu tehdä erillinen tarkentava kysymys.

Kyselyyn vastanneilla oli kaikilla käytössä ainakin jonkinlainen 3D-kaupunkimalli kuntansa alueelta, ja jo varsin monessa kunnassa oli keskusta-alue mallinnettu kokonaan. Koko kaupungin kattava 3D-malli oli tulosten perusteella vielä harvinainen. Semanttinen 3D-kaupunkimalli eli älykkäämpi tietomallipohjainen kaupunkimalli oli käytössä muutamassa kunnassa ja kehitteillä useassa kunnassa. Kyselyyn vastanneista suurimmalla osalla ei ollut 3D-kaupunkimallistaan julkisesti saatavilla olevaa materiaalia. Internetissä olevan katseluperusteisen 3D-kaupunkimallin tarjoaminen julkisesti vaikuttaa kuitenkin yleistyneen sitä mukaa, kun 3D-kaupunkimallinnus on kunnissa kehittynyt eteenpäin. Julkisesti 3D-kaupunkimallia jaettiin kyselyn perusteella vielä todella vähän avoimena datana.

3D-kaupunkimalli oli isolla osalla vastaajista jo yleistynyt työväline omassa työtehtävässään. 3D-kaupunkimallia jaettiin kyselyn perusteella hyvin eri osastojen välillä, mikä voidaan nähdä erittäin hyvänä asiana 3D-kaupunkimallintamisen kehityksen kannalta. Myös yhteistyö eri osastojen välillä nähtiin suhteellisen riittävänä: 19 vastaajaa oli väittämän kanssa osittain samaa mieltä. Tosin iso osa vastaajista koki yhteistyön kunnan

sisällä myös riittämättömänä. Yhteistyö hyödyntää ja monipuolistaa kaupunkimallin käyttöä erilaisiin tarkoituksiin. Tulokset eivät kuitenkaan kerro siitä, minkälaista yhteistyötä eri osastojen välillä on tehty, ja toimitaanko kaikissa osastoissa samoin standardein ja menetelmin 3D-kaupunkimallinnuksessa. KM3D-kuntakyselyssä tiedusteltiin CityGML-tiedonsiirtoformaatin soveltuvuutta kansalliseksi standardiksi. Silloin vastaajista noin yksi kolmasosa kannatti ajatusta. Loput vastaajat eivät osanneet sanoa kantaansa asiaan. Tämän insinööriyönä tehdyn kuntakyselyn tulosten mukaan CityGML:n käyttö oli melko vähäistä.

Kyselyn perusteella eri ohjelmia, joita käytetään 3D-kaupunkimallintamiseen, on lukuisia. Tiedonsiirtoformaatteja 3D-kaupunkimallintamiseen on ohjelmistojen tavoin hyvin monia. Lukuiset ohjelmat ja tiedonsiirtoformaatit voivat aiheuttaa tiedon pirstaloitumista, ja tiedon hyödyntäminen eri osastojen välillä voi vaikeutua. Suositeltavaa olisi, että kunnan sisällä käytössä olevat ohjelmistot olisivat mahdollisimman yhteensopivia keskenään ja tukisivat eri osastojen välistä tiedon tuottamista. Vastavalmistuneilta insinööreiltä kunnat arvostavat erityisesti paikkatietojärjestelmien tuntemusta sekä 3D-mallinnusosaamista. Monipuolista ohjelmisto-osaamista siis toivotaan kaikkien tarjolla olevien ohjelmien ja järjestelmien viidakossa.

Tämän kyselyn perusteella suurimmat haasteet 3D-kaupunkimallinnuksessa kunnissa ovat tällä hetkellä resurssien puute ja 3D-mallien ylläpitoon liittyvät haasteet. Ne johtuvat niin rahoituksesta kuin henkilöstöresursseistakin, osaamattomuudesta ja hankaluuksista löytää sopivimpia ohjelmistoja. Myös kaupunkimallien hyödyntämisessä kaivataan lisää osaamista ja ideointia. Vastaajat ehdottivat yhteistyöhankkeita ammattikorkeakoulujen ja kuntien välillä.

Metropolia Ammattikorkeakoulussa voi opiskella maanmittaustekniikan lisäksi muitakin koulutusaloja, joissa 3D-mallinnusosaamista voidaan hyödyntää, esimerkiksi tieto- ja viestintätekniikka-ala, pääaineena pelisovellukset [31]. Jäinkin miettimään, voisiko yhteistyömahdollisuuksia harkita tulevaisuudessa yli tutkintorajojen kaupunkimallien kehittämiseksi. Esimerkiksi pelinkehittäjät peliteollisuudessa luovat virtuaalisia 3D-ympäristöjä. He ovat taitavia yhdistämään tekstuureja ja 3D-malleja. Heillä on myös kokemusta luoda liikkumisen ja monenlainen interaktiivisen toiminnan mahdollistavia 3D-malleja.

Vastauksia antaneilla kunnilla on paljon hyvin samankaltaisia tarpeita ja toiveita 3D-kaupunkimallien suhteen. Vaikka suurissa kunnissa 3D-mallinnus on tällä hetkellä usein hie-
man edellä pienempiä kuntia, ei kunnan koko kuitenkaan automaattisesti korreloi edisty-
misen ja meneillään olevien hankkeiden kanssa.

Kyselyn tulokset antoivat kuvaa siitä, että kunnissa on edelleen osittain samoja ongel-
mia, joita aikaisemmissakin kyselyissä on havaittu. Mallin ylläpito-ongelmat ovat edel-
leen olemassa 3D-kaupunkimallintamisessa. Tuloksia katsomalla voi todeta itse 3D-kau-
punkimallintamisen kehittyneen eteenpäin vuosien saatossa. Tiedonsiirron ja varsinais-
en mallintamisen ongelmat ovat kyselyn perustella vähentyneet viime vuosista. Kuntien
henkilöstön keskimääräinen 3D-kaupunkimallintamisen osaamisen taso on vastausten
perusteella noussut. Osaamisen päivittäminen on kuitenkin edelleen vastaajien mukaan
tärkeää, jotta 3D-kaupunkimallintamisen kehityksessä pysytään edelleen mukana.

5 Yhteenveto

Insinööriyön ja kyselylomakkeen tekeminen oli opettavainen kokemus. Oma tietotaitoni 3D-kaupunkimallinnuksesta lisääntyi merkittävästi työtä tehdessä, ja lisäsi kiinnostustani aiheeseen. Opin myös tekemään kyselytutkimusta ja käsittelemään saatua aineistoa. Tulosten analysoinnin helpottamiseksi ja tulosten luotettavuuden parantamiseksi lomakkeen esitestaus olisi ollut hyödyllistä, mutta tähän ajallisten resurssien vuoksi ei ollut mahdollisuutta. Yksi tärkeimmistä opetuksista minulle oli oman ajankäytön suunnittelu. Työn tekeminen oli kaiken kaikkiaan mielekäs kokemus.

Aikaisemmin tehdyt selvitykset 3D-kaupunkimallinnuksesta Suomessa vaikuttivat paljon siihen, että itsekkin tein kuntakyselyn. Tekemäni kysely pohjautui aikaisempaan KM3D-hankkeeseen. Vertailun avulla voimme saada kuvan 3D-kaupunkimallinnuksen kehityksestä, muutaman viime vuoden ajalta, sekä sen nykytilanteesta kunnissa. Tutkimuksessani halusin myös selvittää, minkälaisia haasteita kunnilla tällä hetkellä on 3D-kaupunkimallinnuksen parissa ja minkälaisia yhteistyökuvioita he toivoisivat esimerkiksi ammattikorkeakoulujen kanssa.

Insinööriyön tekeminen ja tulokset vahvistivat omaa näkemystäni kaupunkimallien tärkeydestä tulevaisuuden suunnittelussa ja kaupunkien kehittämisessä. Erityisesti semanttiset kaupunkimallit tarjoavat valtavasti erilaisia suunnittelun ja hyödyntämisen mahdollisuuksia.

Tulosten perusteella kaupunkimallinnusosaaminen on odotetustikin mennyt eteenpäin viime vuosina. Osaaminen on lisääntynyt ja innokkuutta ja kiinnostusta 3D-kaupunkimallien luomiseen on. Käytetyt ohjelmistot eivät juurikaan ole viime vuosina muuttuneet, mutta edelleen osassa kunnista sopivan, omia käyttötarpeita palvelevan ohjelmiston löytäminen on ollut haasteellista. Suositeltavaa olisi, että kunnan sisällä käytössä olevat ohjelmistot olisivat yhteensopivia keskenään ja tukisivat eri osastojen välistä yhteistyötä ja lisäisi mallien hyödyntämistä. Suurimpia haasteita tämän hetkessä 3D-kaupunkimallinnuksessa ovat resurssien puute ja 3D-mallien ylläpito. Myös kaupunkimallien hyödyntämisessä kaivataan lisää osaamista ja ideointia. Näihin ongelmiin pystymme vaikuttamaan parantamalla yhteistyötä ja vuorovaikutusta kuntien, ammattikorkeakoulujen ja korkeakoulujen kanssa. Yhteistyössä voimme esimerkiksi pohtia ratkaisuja kustannustehokkaan mallituotannon ja mallien ylläpidon helpottamiseksi. Olisi erittäin tärkeää, että

nykyiset ylläpidon haasteet saadaan ratkaistua, jotta 3D-kaupunkimallin tarjoamat hyödyt suhteessa kustannuksiin saadaan hallintaan, ja näin resurssit eivät kasva pysyväksi esteeksi mallien kehittämiselle kunnissa.

Tämän insinööritöön tuloksia voidaan hyödyntää kun mietitään havaittujen haasteiden pohjalta mahdollisia yhteistyöhankkeita kuntien ja koulujen välille. Mielestäni kiinnostavia yhteistyö- ja jatkotutkimusaiheita voisivat olla erilaiset 3D-kaupunkimallin hyödynnettävyyteen ja ylläpitoon liittyvät työt.

Lähteet

- 1 Liukkonen, Oskari. 2015. Kuntien paikkatiedon polku kanta-kartasta 3D-kaupunki-malliin. Diplomityö. Espoo. Aalto-yliopisto. Aaltodoc-tietokanta.
- 2 Kaupunkimallinnuksen ohjekirja. 2016. Verkkoaineisto. BuildingSMART Finland. <<https://buildingsmart.fi/kaupunki/kaupunkimallinnuksen-ohjekirja/>>. 16.8.2016. Luettu 5.1.2018.
- 3 Isotalo, Katri. 2017. Semantiikka mullistaa 3D-kaupunkimallinnuksen käyttömahdollisuudet. Positio 1/2017. s. 8–11. Luettavissa <http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/attachments/2017/06/Semantiikka_mullistaa_3D-kaupunkimallin_kayttomahdollisuudet.pdf>. Luettu 2.2.2018.
- 4 Helsinki 3D+. 2018. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <<https://kartta.hel.fi/3d/>>. Luettu 31.3.2018.
- 5 Lammi, Hannu. 2015. Kaupunkimallit ja CityGLM. Verkkoaineisto. <https://www.sfs.fi/files/7740/Lammi_Kaupunkimallit_ja_CityGML.pdf>. 14.4.2015. Luettu 2.4.2018.
- 6 Cozzi, Patrick. 2017. The Next Generation of 3D Tiles. Cesium. Verkkoaineisto. <<https://cesium.com/blog/2017/07/12/the-next-generation-of-3d-tiles/>>. 12.7.2017. Luettu 2.4.2018.
- 7 Biljecki, Filip. 2013. The concept of level of detail in 3D city models. GISt Report No. 62. Delft University of Technology. Luettavissa <www.gdmc.nl/publications/reports/GISt62.pdf>. Luettu 15.2.2018.
- 8 Gröger, Gerhard, Kolbe, Thomas H., Nagel Claus, Häfele Karl-Heinz. 2012. OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard. Open Geospatial Consortium. Luettavissa <<http://www.opengis.net/spec/citygml/2.0>>. Luettu 4.3.2018.
- 9 Laurila, Pasi. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja D nro 3. Rovaniemi.
- 10 Laserkeilausteknologia. Verkkoaineisto. Neopoint Oy. <<http://www.neopoint.fi/fi/laserkeilaus>>. Luettu 2.4.2018.
- 11 Laserkeilausaineistot. 2018. Verkkoaineisto. Jyväskylä kaupunkirakennepalvelut. <<https://www.jyvaskyla.fi/yhdyskuntatoimi/tonttiosasto/maastomittaus/laserkeilausaineistot>>. Luettu 2.4.2018.
- 12 Laserkeilausaineisto. 2018. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <<http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantuntevalle-kayttajalle/tuotekuvaukset/laserkeilausaineisto>>. Luettu 30.3.2018.

- 13 Sippo, Mikko. 2013. Lennokkikartoitus - uusia näkymiä ilmasta. Maankäyttö 2/2013. s. 33–35. Luettavissa <www.maankaytto.fi/ar-kisto/mk213/mk213_1647_sippo.pdf>. Luettu 13.4.2018.
- 14 Soininen, Arttu. 2015. Kaupunkimallit. Terrasolid. Verkkoaineisto. <<http://docplayer.fi/18553419-Www-terrasolid-com-kaupunkimallit.html>>. 3.12.2015. Luettu 13.4.2018.
- 15 Helsingin 3D-kaupunkimallit. 2016. Helsinki Region Infoshare. Verkkoaineisto. <<https://hri.fi/data/fi/dataset/helsingin-3d-kaupunkimalli>>. 29.11.2016. Luettu 2.4.2018.
- 16 Vantaan 3D-kaupunkimallit. 2016. Verkkoaineisto. Helsinki Region Infoshare. <<https://hri.fi/data/fi/dataset/vantaan-3d-rakennukset>>. 22.9.2016. Luettu 2.4.2018.
- 17 Pientaloalueiden kehittäminen. 2018. Verkkoaineisto. Vantaa. <<http://www.vantaa.fi/pientaloprojekti>>. Luettu 18.4.2018.
- 18 Porttinen, Katri. 2018. Haluatko päästä piirtämään keskustaa? Hyvinkää julkaisee keskustan kehittämiseen uuden 3D-palvelun – katso videot. Aamuposti 10.3.2018. Verkkoaineisto. <<https://www.aamuposti.fi/artikkeli/616975-haluatko-paasta-piirtamaan-keskustaa-hyvinkaa-julkaisee-keskustan-kehittamiseen>>. Luettu 30.3.2018.
- 19 Vireillä olevat asemakaavat. 2018. Verkkoaineisto. Hyvinkää. <<http://www.hyvinkaa.fi/asuinymparisto-ja-rakentaminen/kaavoitus1/asemakaavoitus/vireilla-olevat-asemakaavat/>>. 21.2.2018. Luettu 30.3.2018.
- 20 Uutta kaupunkia yhdessä. 2018. Verkkoaineisto. 6Aika. <<https://6aika.fi/6aika-avoimia-ja-alykkaita-palveluja/>>. Luettu 28.3.2018.
- 21 Avoin data ja rajapinnat. 2018. Verkkoaineisto. 6Aika. <<https://6aika.fi/avoin-data-ja-rajapinnat-karkihanke/>>. Luettu 28.3.2018.
- 22 Hiltunen, Taneli. 2017. Oulu City Centre, Finland. Verkkoaineisto. <https://taneli-hil.pointscene.com/scene/0ef384df/?op=fly_to&cam_pos=475149.629,7212982.475,9.448&look_at=475055.120,7212959.095,24.868&p_color=0&p_size=1.5>. 25.10.2017. Luettu 2.4.2018.
- 23 Oulu 3D-kaupunkimallin lataussivusto. 2018. Verkkoaineisto. Oulu. <<https://avoindata.ouka.fi/3d/>>. Luettu 3.4.2018.
- 24 Oulu 3D Demo -pistepilven lataussivusto. 2018. Verkkoaineisto. Oulu. <<https://avoindata.ouka.fi/3d/Pistepilvi/index.html>>. Luettu 3.4.2018.

- 25 Kolmiulotteinen kaupunkimalli (KM3D) –hanke. Verkkoaineisto. Kuntaliitto.fi. <<https://www.kuntaliitto.fi/tilastot-ja-julkaisut/verkko-oppaat/paikkatiedon-opas/hankkeet/kolmiulotteinen-kaupunkimalli-km3d-hanke>>. Luettu 5.1.2018.
- 26 About. 2018. Verkkoaineisto. BuildingSMART. <<https://www.buildingsmart.org/about/>>. Luettu 5.1.2018.
- 27 Kolmiulotteiset kaupunkimallit. 2016. Verkkoaineisto. BuildingSMART Finland. <<https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/kolmiulotteisetkaupunkimallitkuntienvastaukset.pdf>>. Luettu 5.1.2018
- 28 Savisalo, Anssi. 2015. KM3D-hanke: Kohti 3D-kaupunkimallia. Paikkatietoseminaari 10.2.2015. Verkkoaineisto. <https://koulutus.fcg.fi/Portals/2/Dokumentit/Savisalo%20Anssi_KPY_paikkatietoseminaari_Savisalo_100215.pdf>. Luettu 5.1.2018.
- 29 Hirsjärvi, Sirkka. 2009. Tutkimustyytit ja aineistonkeruun perusmenetelmät. Teoksessa Hirsjärvi, Sirkka – Remes, Pirkko – Sajavaara, Paula 2009. Tutki ja kirjoita. 15. painos. Helsinki: Tammi. 191–220.
- 30 Valli, Raine – Perkkilä, Päivi. 2015. Nettikyselyt ja sosiaalinen media aineistonkeruussa. Teoksessa Valli, Raine – Aaltonen, Juhani (toim.) 2015. Ikkunoita tutkimusmetodeihin 1. Metodien valinta ja aineistonkeruu: virikkeitä aloittelevalle tutkijalle. Juva: PS-kustannus. 109–120.
- 31 Sinustako tieto- ja viestintätekniikan insinööri? 2018. Verkkoaineisto. Metropolia AMK. <http://www.metropolia.fi/haku/koulutustarjonta-nuoret-tekniikka-ja-liikenne/tieto-ja-viestintateknikka-leppavaara-espoo/#jfmulticontent_c25139-2>. Luettu 3.4.2018.

Kysely

Valtteri Kettunen 19.2.2018

Lomake on ajastettu: julkisuus päättyy 7.3.2018 0.00

3D-kaupunkimallinnuksen nykytilanne kunnissa

Kyselyn tarkoituksena on selvittää kuntien tämän hetkistä tilannetta 3D-kaupunkimallinnuksessa, mahdollisia 3D-mallinnukseen liittyviä haasteita sekä osaamisen kehittämisen tarpeita.

Kysely koostuu monivalintakysymyksistä sekä muutamasta avoimesta kysymyksestä.

Kyselyyn vastaaminen vie n. 10 minuuttia.

Kiitos, kun vastaat kyselyyn!

3D-Kaupunkimallinnus

1. Edustamasi kunta

([ohje](#))

2. Toimialasi kunnan palveluksessa?

- ☐ Kaavoitus
☐ Kiinteistönmuodostus
☐ Maankäyttö
☐ Paikatieto
☐ Muu,
 mikä?

3. Kuinka usein käytät työssäsi hyödyksi 3D-kaupunkimallia?

- ☐ Päivittäin.
☐ 2-4 kertaa viikossa.
☐ 2-4 kertaa kuukaudessa.
☐ Harvemmin kuin kerran kuussa.
☐ En käytä.

4. Minkälaista toimintaa tai hankkeita kunnassanne on 3D-kaupunkimalleihin liittyen?

	Käytössä	Hankittu	Hankinta kesken	Ei hankita/ Ei suunnitteilla	Ei tietoa
Maastomalli (LOD0)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Laatikkomalli (LOD1)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pintamalli (LOD2)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Julkisivumalli (LOD3)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sisätilamalli (LOD4)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Missä laajuudessa 3D-kaupunkimallineistoa on käytössä kunnassanne?

	Käytössä	Suunnitteilla	Ei käytössä
Yksittäinen alue/ Yksittäisiä alueita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Keskusta kokonaisuudessaan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Koko kaupunki	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Mitä ohjelmia 3D-kaupunkimallin työstämisessä on käytetty? ([ohje](#))

- ☐ ArchiCAD
☐ Autodesk InfraWorks
☐ Autodesk 3DS MAX
☐ ESRI City Engine
☐ Microstation
☐ Tekla Civil
☐ SketchUp
☐ Terrasolid-ohjelmistot
☐ Trimble Locus
☐ Vianova Virtual Map
☐ Muu,
 mitä ohjelmia?

7. Mitä tiedonsiirtoformaatteja on käytetty 3D-kaupunkimallintamisessa? [\(ohje\)](#)

- ☐ CityGML
- ☐ Collada
- ☐ Dgn
- ☐ Dwg
- ☐ IFC
- ☐ Kml
- ☐ Las
- ☐ Obj
- ☐ Skp
- ☐ Muu, mitä?

8. Onko 3D-kaupunkimalliaineistoa jaettuna eri osastojen välillä kunnassanne?

- ☐ Kyllä, kaikki aineisto on yhteistä.
- ☐ Kyllä, osa aineistosta on yhteistä.
- ☐ Ei tällä hetkellä, mutta on suunnitteilla.
- ☐ Ei.

9. Onko kuntanne 3D-kaupunkimallista julkisesti saatavilla olevaa aineistoa?

- ☐ Kaupunkimalli tai sen osia on jaettu internetissä katseluversiona ja avoimena aineistona.
- ☐ Kaupunkimalli tai sen osia on saatavilla internetissä katseluversiona.
- ☐ Kaupunkimalli tai sen osia on saatavilla avoimena aineistona.
- ☐ Ei ole saatavilla julkisesti.

10. Onko kunnassanne käytössä tai kehitteillä semanttinen 3D-kaupunkimalli?

- ☐ Käytössä
- ☐ Kehitteillä
- ☐ Ei käytössä/ Ei kehitteillä

11. Aikaisempien kuntakyselyiden perusteella 3D-kaupunkimallinnuksen kehitykseen on liittynyt paljon haasteita. Missä osaluokissa näette eniten olevan haasteita tällä hetkellä? [\(ohje\)](#)

- ☐ Kaupunkimallistrategia
- ☐ Käytettävät tarkkuustasot
- ☐ Mallintaminen
- ☐ Mallin hyödyntäminen
- ☐ Mallin ylläpito
- ☐ Palvelujen hankinta
- ☐ Riittävät resurssit
- ☐ Siirtyminen yksityiskohtaisesta yleiseen malliin ja päinvastoin
- ☐ Tiedonhankinta
- ☐ Tiedonsiirto
- ☐ Muu, Kerro mitä haasteita:

12. Ohessa välttämisiä 3D-kaupunkimallinnukseen liittyvistä mahdollisista haasteista ja kehittämisen tarpeista. [\(ohje\)](#)

	Samaa mieltä	Osittain samaa mieltä	Ei samaa eikä eri mieltä
I) Kunnassa on riittävästi tietotaitoa 3D-kaupunkimalleja varten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
II) Kunnassa on riittävästi resursseja 3D-kaupunkimalleja varten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
III) Osaavaa henkilöstöä on tarpeeksi.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
IV) Koulutusta tarvitaan lisää.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
V) Vastavalmistuneiden 3D-mallinnusosaaminen on hyvällä tasolla.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
VI) 3D-kaupunkimallien hyödyntäminen on haasteellista.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
VII) Yhteistyötä kunnan eri osastojen välillä on riittävästi.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. Maanmittaustekniikan opiskelijat tutustuvat opintojen aikana 3D-mallintamisen eri työvaiheisiin. Mitä osaamista valmistuvilta insinööreiltä erityisesti toivotaan, mikäli toiveena on hakeutua 3D-kaupunkimallinnuksen työtehtäviin? [\(ohje\)](#)

- ☐ CAD-ohjelmien hallinta
- ☐ Mallintaminen
- ☐ Käsitteiden hallinta
- ☐ Ohjelmointi
- ☐ Tietojenkäsittely
- ☐ Paikkatietojärjestelmien tuntemus
- ☐ Muu, mitä?

14. Minkälaisen yhteistyön näkisitte hyödylliseksi ammattikorkeakoulujen ja kuntien välille kaupunkimallihankkeiden kehittämiseksi?

15. Viimeisenä voit halutessasi kertoa lisätietoja kuntasi 3D-kaupunkimallinnuksen tilanteesta.

Tietojen lähetyk

Tallenna Esitäyttö URL

Kiitos vastauksistasi!

Mahdolliset kyselyyn liittyvät kysymykset tai kommentit voitte välittää minulle tai opinnäytetyön ohjaajalle.

Ystävällisin terveisin.

Valtteri Kettunen

Ohjaava opettaja:

Tutkintovastaava Jussi Laari

Kyselyn lähetekirjelmä

Hei!

Olen Valtteri Kettunen ja opiskelen insinööriksi maanmittaustekniikan koulutusohjelmassa Metropolia Ammattikorkeakoulussa. Teen tällä hetkellä opinnäytetyönä 3D-kaupunkimalleihin liittyvää kuntakyselyä. Kyselyn tarkoituksena on selvittää kuntien tämän hetkistä tilannetta 3D-kaupunkimallinnuksessa, mahdollisia 3D-mallinnukseen liittyviä haasteita sekä osaamisen kehittämisen tarpeita.

Kysely lähetetään noin neljäänkymmeneen kuntaan ympäri Suomea. Kunta, jota vastaukset koskevat, jää vain allekirjoittaneen tietoon aineiston jäsentämistä varten. Tulokset julkistetaan opinnäytetyössä anonymisti huhti-toukokuussa 2018. Kysely on toteutettu Metropolia Ammattikorkeakoulun omalla tietoturvalisellä e-lomakkeella. Opinnäytetyötä ohjaa tutkintovastaava Jussi Laari ja opinnäyte tehdään ilman ulkoista toimeksiantajaa.

Kyselyyn vastaaminen vie vain n. 10 minuuttia. Mikäli koet, että työyksikössäsi toinen työntekijä on sopivampi vastaamaan kyselyyn, voit välittää tämän kyselyn eteenpäin kyseiselle työntekijälle vastattavaksi, tai voitte molemmat vastata kyselyyn. Toivon, että opinnäytetyötäni varten saan mahdollisimman kattavan otoksen kuntien tilanteesta ja olen erittäin kiitollinen jokaisesta vastauksesta.

Vastausaikaa kyselylle on 6.3.2018 asti.

Kyselyyn pääset tästä linkistä: <https://elomake.metropolia.fi/lomakkeet/21616/lomake.html>

Vastaan mielelläni kyselyä koskeviin kysymyksiin.

Ystävällisin terveisin

Valtteri Kettunen

Tutkintovastaava Jussi Laari